Der Kreislauf des Lebens.

Von

Jac. Moleschott.

<36620948910015

Der

Kreislauf des Lebens.

Zweiter Band.

Der

Kreislauf des Lebens.

Von

Jac. Moleschott.

Zweiter Band.

Fünfte vermehrte und gänzlich umgearbeitete Auflage.

Gießen.
Verlag von Emil Roth.
1887.

Inhaltsverzeichniß.

XVII.

Kraft und Stoff.

Viele Wege führen zu demselben Ziel. Darum ist die werkthätige Forschung beständig in Gefahr sich zu verirren, wenn sie bei einer Naturerscheinung fragt, zu welchem Zweck sie da ist. Um diesen Nachtheil zu verhüten, hat man sich als Auskunftsmittel die Meinung zurecht gelegt, daß die Natur immer den kürzesten Weg wähle. Man erinnerte fort und fort an Boerhaave's Lieblingsspruch, daß das Einfache das Zeichen der Wahrheit sei.

Mit der Annahme einer „weisen Natureinrichtung" hing diese Anschauung auf's Tiefste zusammen. Wie jene Bauern, die nach Riehl's Erzählung an gewissen Festtagen ihre Heiligenbilder mit dem Bauernkittel schmücken, weil ihnen der Bauernrock als das kostbarste Staatskleid erscheint, so wußte sich die Menschheit eine lange, lange Zeit hindurch in dem mächtigen Reich einer durch den buntesten Wechsel hin-

durchgehenden Naturnothwendigkeit nicht zurecht zu finden, als indem sie diese mit den unausweichlichen Reizen einer Persönlichkeit anthat, einer Persönlichkeit, die, mit menschlichem Gemüth und menschlichem Verstande überlegend, ihre Thätigkeit entfaltet.

Zur Zweckmäßigkeit gehören kurze Wege und einfache Mittel. Aber diese kurzen Wege und die einfachen Mittel zu erweisen, daran dachte man um so weniger, als man beim Errathen des Zwecks mit der als Person geltenden Natur unmittelbar an Weisheit wetteiferte. Und dennoch hatte schon Spinoza jenen Hang nach Zweckmäßigkeits-Vorstellungen so eindringlich getadelt, daß Georg Forster, einer der vorangeschrittensten Denker des vorigen Jahrhunderts, ihn als abgethan, als „alten Sauerteig" bezeichnete.

Je mehr in manchen Fällen die Anwendung von Zweckmäßigkeitsbegriffen durch Scharfsinn besticht, desto größer ist die Gefahr, weil namentlich die beschreibenden Naturforscher ein Verfahren, welches sie anfangs nur als einen Kunstgriff der Darstellung benützten, unvermerkt auch als ein Hülfsmittel zur Forschung verwerthen. Fügsame Schüler geben sich leicht damit zufrieden, daß ein lebhafter Lehrer den Naturkörper so behandelt, als habe er ihn selbst verfertigt, etwa so wie ein guter Vorleser sich unwillkürlich den Schein giebt, als wenn er das, was er liest, im

Augenblicke selbst erzeugte. Mißlicher schon wird es, wo sich der Schilderung die Bewunderung der Klugheit im Schöpfungsplane beimischt. Denn mit der weisedünkligen Bewunderung der Wahl in den Natureinrichtungen ist der entscheidende Schritt geschehen, der die vermeintlich erkannte Zweckmäßigkeit im Bau der Organismen mit selbstgefälliger Willkür als Erklärungsgrund der Organe und ihrer Theile handhabt. Eine solche Behandlungsweise geht auf in dem Geschick, mit welchem der einzelne Naturbetrachter die Absichten seines Schöpfers zu errathen vermag. Allein dieses Errathen ist dem Forschen nicht minder schroff entgegengesetzt als der Glaube. Beide erwarten ihr Heil nicht von einer regelrecht durchgeführten, ruhig fortschreitenden Untersuchung, sondern von einer plötzlichen Erleuchtung, welche für beide gleich gut mit dem Namen Offenbarung bezeichnet werden kann. Das Uebel ist, daß die Anhänger beider Richtungen ihr Verfahren für ein Mittel ausgeben, die Wahrheit zu finden. Sie verbergen sich die Thatsache, daß alles Suchen da aufhört, wo nur die Offenbarung Aufschluß gewährt, indem sie jeden Forscher der Frechheit beschuldigen, der zu ihren Hülfsmitteln kein Vertrauen hat. Sie selbst aber sind entweder begnadigte Hohepriester oder vertraute Freunde ihres Schöpfers!

Als ich es oben gefährlich nannte, daß sich, oft der besseren Erkenntniß zum Trotz, die Ahnung eines zu erreichenden Zwecks in der Form von Erklärungsversuchen in die Wissenschaft eindrängt, hatte ich indeß etwas Anderes im Sinne, als die Gelegenheit zur Verirrung für den werkthätigen Forscher. Mit jenen Zweckmäßigkeitsbegriffen hängt auf's Innigste die Vorstellung zusammen, daß die Eigenschaften der Körper dem Stoff von außen zugeführt sind. Es ist dieselbe Anschauung, die schon von Aristoteles herstammt und die sich schwerlich hübscher bezeichnen läßt, als es Liebig gethan hat, wenn er sagt: „Die Eigenschaften der „körperlichen Dinge seien gleichsam wie die Farben „gewesen, womit der Maler der farblosen Leinwand „die Eigenschaften eines Gemäldes ertheilt, oder wie „die Kleider, die sich an- und ausziehen lassen, und „welche die Gestalt des Menschen bestimmen.“

Hier liegt die Wurzel eines Zwiespalts, der die Welt schon häufig bewegte und der sich wahrscheinlicher Weise zu einer welterschütternden Gewalt entwickeln wird, lange nachdem ihn die wissenschaftliche Erkenntniß befriedigend wird geschlichtet haben. Denn das Verhältniß der Eigenschaften zum Stoff ist maaßgebend für unsre Ansicht von der Kraft.

Wer in allen Bewegungen der Naturkörper nur Mittel sieht, um gewisse Zwecke zu erreichen, der

kommt ganz folgerecht zu dem Begriff einer Persönlichkeit, welche zu diesem Ziele dem Stoff seine Eigenschaften verleiht. Diese Persönlichkeit wird auch das Ziel bestimmen. Und mit der Zweckbestimmung, die von einer Persönlichkeit ausgeht, welche die Mittel wählt, ist das Gesetz der Nothwendigkeit aus der Natur verschwunden. Die einzelne Erscheinung fällt dem Spiele des Zufalls und regelloser Willkür anheim. Hier hört die Forschung auf. Der Glaube beginnt.

Man bezeichnet den Standpunkt, auf welchem die Natur nach Zwecken erklärt wird, mit dem griechischen Worte Teleologie, das an Theologie erinnert. Die Erinnerung liegt nicht bloß im Wortlaut. Teleologie und Theologie nähren sich durch eine Wurzel.

Einen Stoff ohne Eigenschaften hat man niemals beobachtet und darum ist er auch undenkbar. Der Stoff ist allemal wägbar, erfüllt den Raum, ist der Bewegung fähig. Ohne den Stoff bestehen diese Eigenschaften ebenso wenig, wie der Stoff ohne Eigenschaften. Die Zeit ist ein für allemal überwunden, in welcher man die Schwere, die Raumerfüllung, die Bewegung als abgezogene Begriffe je nach Belieben vom Stoff trennen oder mit dem Stoff vermählen konnte. Der Vorstellung von einer Eigenschaft ohne Stoff fehlt jede Wesenhaftigkeit.

Ueberall wo zwei Stoffe einander nahe genug gebracht werden, üben sie eine Wirkung auf einander aus. Diese Wirkung giebt sich als eine Bewegungserscheinung kund. Es ist eins der allgemeinsten Merkmale des Stoffs, daß er unter geeigneten Umständen sowohl selbst in Bewegung gerathen, als andere Stoffe in Bewegung versetzen kann.

Solche Bewegungen erstrecken sich unendlich häufig auf einen so kleinen Raum, daß die bei der Bewegung zurückgelegte Entfernung unmeßbar wird. Wenn zum Beispiel Wasserstoff verbrennt, dann ist die Entfernung, welche Wasserstoff und Sauerstoff zurücklegen, um sich mit einander zu Wasser zu verbinden, unmeßbar klein. Und auf gleiche Weise verhält es sich mit jeder chemischen Anziehung, die immer eine Ungleichartigkeit des Stoffs voraussetzt.

Wenn warmes Wasser erkaltet, dann rücken die kleinsten Theilchen des Wassers näher aneinander. Wir haben es mit einer Bewegungserscheinung zu thun, welche sich über einen meßbaren Raum erstreckt. Bei dieser Bewegung wird der Zustand der Wassertheilchen so verändert, daß alle Körper, die mit dem Wasser in Berührung kommen, eine Verdichtung erleiden. Man hat diese Verdichtung für Quecksilber gemessen und bezeichnet den Grad der Quecksilberverdichtung, bei welchem das Wasser gefriert, als Null.

Die Empfindung, welche dann das Quecksilber, das Wasser, die Luft in unseren Hautnerven hervorrufen nennen wir Kälte.

Offenbar bezeichnet die Kälte einen Zustand des Stoffs, der sich im Verhältniß zu andern Körpern als Verdichtung kund giebt. Es liegt nur an unsrer schulmäßigen, abgezogenes Denken erkünstelnden Erziehung, daß wir in diesem Fall so leicht verleitet werden, die Kälte als eine Kraft zu bezeichnen, welche sich mit dem Stoff des Wassers verbindet und dadurch Eis erzeugt. Die Kälte ist ein Zustand der kleinsten Theilchen des Stoffs, in welchem die Bewegung auf ein geringes Maaß zurückgeführt ist.

Bringen wir Wasser auf heißes Eisen, dann gerathen die kleinsten Theilchen in den Zustand erhöhter Bewegung. Das Wasser wird Dampf. Es ist klar, die Ausdehnung des Eisens, welche auf einer Bewegung seiner kleinsten Theilchen beruht, wird auf die kleinsten Theilchen des Wassers übertragen.

Sei nun die Entfernung, welche der Stoff bei seiner Bewegung zurücklegt, meßbar oder nicht, in allen Fällen ist es nur die Bewegung, durch welche sich die Kraft verräth. Die Kräfte können sich nur äußern durch Bewegung in Raum und Zeit.

Es ist nichts weniger als eine bloße Voraussetzung, daß die Kräfte durch ihre Wirkungen, durch die Be-

wegungserscheinungen, welche sie hervorrufen, gemessen werden. Denn außer jenen Wirkungen kennen wir von den Kräften nichts.

Jede Kraftäußerung, jede Wirkung setzt ein Leidendes voraus.

Wenn ich sage: Vitriolöl oder Schwefelsäure besitzt die Kraft, Eisenoxyd zu lösen, dann heißt dies so viel wie: Eisenoxyd ist löslich in Vitriolöl.

Es ist das nicht bloß eine Umsetzung des Gedankens, wie in dem berühmten Satz des Cartesius: ich denke, also bin ich. Man muß vielmehr die Sache so fassen: Das Eisenoxyd hat Verwandtschaft zur Schwefelsäure, die Schwefelsäure zum Eisenoxyd, ganz so wie alle Basen eine chemische Verwandtschaft zu den Säuren besitzen. Schwefelsaures Eisenoxyd aber ist löslich. Darum hat Schwefelsäure die Kraft, das Eisen zu lösen.

Diese Kraft ist nichts Anderes, als eine Eigenschaft des Stoffs.

Wo wir auch immer eine Bewegungserscheinung am Stoff beobachten, ist eine Eigenschaft des Stoffs Ursache der Bewegung. So wie das Eis Wasser ist, dessen kleinste Theilchen auf ein geringes Maaß der Bewegung herabgesunken sind, so ist Dampf Wasser, dessen Theilchen sich im Zustande höchster Bewegung befinden. Die Theilchen des Wasserdampfs weichen

nach allen Seiten aus einander. Der Dampf theilt seine Bewegung anderen Körpern mit. Das Auseinanderweichen der kleinsten Theilchen ist eine Eigenschaft des Wasserdampfs.

Eben die Eigenschaft des Stoffs, welche seine Bewegung ermöglicht, nennen wir Kraft.

Grundstoffe zeigen ihre Eigenschaften nur im Verhältniß zu anderen. Sind diese nicht in gehöriger Nähe, unter geeigneten Umständen, dann äußern sie weder Abstoßung noch Anziehung.

Offenbar fehlt hier die Kraft nicht; allein sie entzieht sich unsren Sinnen, weil die Gelegenheit zur Bewegung fehlt.

Wo sich auch immer Sauerstoff befinden mag, hat er Verwandtschaft zum Wasserstoff, zum Kalium. Ob sich aber der Sauerstoff mit Wasserstoff, mit Kalium verbindet, das hängt zunächst davon ab, ob Wasserstoff oder Kalium in seine Nähe gelangen.

Die Eigenschaft des Sauerstoffs, sich mit Wasserstoff verbinden zu können, ist immer vorhanden. Ohne diese Eigenschaft besteht der Sauerstoff nicht. Wenn es möglich wäre, diese Eigenschaft vom Sauerstoff zu trennen, dann wäre der Sauerstoff nicht Sauerstoff mehr.

Nachdem sich zwei Stoffe mit einander verbunden haben, die zuvor getrennt waren, sind die Eigenschaften der Verbindung das Ergebniß der zusammenwirkenden

Kräfte. Darum erheischt es eine genauere Forschung, in der Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff, im Wasser, den Wasserstoff und Sauerstoff wiederzuerkennen. Aber nichtsdestoweniger sind die Kräfte des Wassers, zum Beispiel seine Fähigkeit, Zucker oder Kochsalz zu lösen, oder sich mit Schwefelsäure zu verbinden und dabei Wärme zu entwickeln, nichts Anderes als seine Eigenschaften. Und diese Eigenschaften sind lediglich bedingt durch die vereinten Eigenschaften von Wasserstoff und Sauerstoff.

In keinem Fall kommt die Eigenschaft von außen. Entweder die Stoffe wirken unmittelbar auf einander ein; so wenn Eisen rostet an feuchter Luft, wobei sich das Eisen mit Sauerstoff und Wasser verbindet. Oder es bedarf eines dritten Stoffs als Vermittler. Schwefelsaure Bittererde und phosphorsaures Natron im trocknen Zustande wirken nicht auf einander ein. Vermischt man die trocknen Salze mit Wasser, dann entstehen schwefelsaures Natron und phosphorsaure Bittererde. Diese letztere scheidet sich in unlöslicher Form ab und zwar um so vollständiger, wenn man einige Tropfen Ammoniak hinzufügt. Das Wasser ist der Träger der Eigenschaft, welche die Einwirkung der schwefelsauren Bittererde auf das phosphorsaure Natron möglich macht. Ammoniak ist der Träger der Eigenschaft, welche die Ausscheidung der phosphor-

sauren Bittererde befördert. Es entsteht ein weißer, flockiger Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Bittererde.

Die Kraft ist kein stoßender Gott, kein von der stofflichen Grundlage getrenntes Wesen der Dinge. Sie ist des Stoffes unzertrennliche, ihm von Ewigkeit innewohnende Eigenschaft.

Auffallend genug, wird dieser Satz von vielen Naturforschern nicht einmal geahnt. Noch häufiger aber wird er nicht begriffen. Denn Niemand hat einen Satz begriffen, hat ihn in Fleisch und Blut verwandelt, der ihm in der Anwendung nicht treu bleibt.

Daher hört man denn Physiker, Chemiker, Physiologen über das Wesen der Dinge klügeln, als wäre dieses Wesen ein Geist, der im Stoff verborgen waltet, als käme es nur darauf an, dieses Wesen in eine Formel zu bannen, um wie mit einer Zauberruthe jede Erscheinung des Dings erklären zu können. Seltsamer Weise geschieht das von eben solchen Naturforschern, die hochweise absprechen über die Bestrebungen der Philosophen. Nicht bloß im Glauben, auch in der Wissenschaft verfolgt der Mensch die Richtung am feindseligsten, die der seinigen am ähnlichsten ist.

Wir werden einem solchen „Wesen", das die Eigenschaften des Stoffs regieren soll, später in der

Lebenskraft begegnen. Allein so weit brauchen wir nicht zu suchen. In den einfachsten Dingen, die sie selbst am genauesten umschreiben und bestimmen, suchen manche Chemiker und Physiker einen geheimsinnigen Begriff an sich, den sie nicht selten für unergründlich erklären. In einem Athem wird uns zum Beispiel versichert, was der Siedepunkt an und für sich sei, das wüßten wir nicht, und hinwiederum der Siedepunkt einer Flüssigkeit sei derjenige Wärmegrad, bei welchem sich im Innern dieser Flüssigkeit, durch ihre ganze Masse hindurch, unter einem gegebenen Luftdruck Dampfblasen bilden. Das ist aber offenbar der Siedepunkt für uns. Und da der Siedepunkt überhaupt nichts ist, als ein Verhältniß der Flüssigkeit und Wärme zum Beobachter, so wird dieses Verhältniß wohl auch den Siedepunkt an und für sich bezeichnen. Wie andere Geschöpfe, die mit anderen Sinnen und anderen Erfahrungen als der Mensch begabt sind, den Siedepunkt fassen, das wissen wir freilich nicht, aber das ist uns auch durchaus gleichgültig.

Alle Erörterungen über das Wesen der Dinge beruhen entweder auf der falschen Voraussetzung angeborener Anschauungen, oder sie sind Ausflüchte eines Unerfahrenen, dem es an der Beobachtung der Eigenschaften fehlt. Letzteres ist häufig der Fall bei denen, die sich noch heute Philosophen nennen und mit diesem

Namen ein Gebiet des Denkens in Pacht zu haben glauben, das der Beobachtung entgegensetzt wäre.

Das Wesen der Dinge ist die Summe ihrer Eigenschaften. Und das Wesen aller Eigenschaften ist eben die Kraft.

Wenn aber die Kraft eine vom Stoff unzertrennliche, eine dem Stoff von Ewigkeit innewohnende Eigenschaft ist, dann muß sich mit dem Stoff auch die Kraft verändern. So gelangen wir zu einem neuen, nicht minder wichtigen allgemeinen Satze, daß Mischung, Form und Kraft sich nur gleichzeitig verändern können.

Für den Satz, daß die Kraft eine Eigenschaft des Stoffes ist, giebt uns der Einklang zwischen Stoff und Form und Kraft zugleich einen mittelbaren Beweis und eine Probe auf die Rechnung.

Auf den ersten Blick scheinen sich freilich in der organischen Natur eine Menge von Beispielen darzubieten, in welchen zwei Körper bei gleicher Zusammensetzung sehr verschiedene Eigenschaften besitzen.*) In

*) Isomerie.

allen diesen Fällen ist jedoch die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung nur scheinbar.

Man muß es nämlich als obersten Satz festhalten, daß die Zusammensetzung nicht einfach ausgedrückt wird durch die Gewichtstheile der einzelnen Grundstoffe, die in einem Körper enthalten sind, sondern in nicht minder wesentlicher Weise auch durch ihre Anordnung. Daraus folgt aber unmittelbar, daß zur Gleichheit der Zusammensetzung mehr gehört, als die Uebereinstimmung der Gewichtstheile, nach welchen die Grundstoffe in einem Körper vertreten sind.

Zahlreiche organische Stoffe giebt es, die den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in gleichen Gewichtsverhältnissen führen. Sie scheinen demnach gleiche Zusammensetzung zu besitzen. Wenn sich aber diese Körper mit einem dritten verbinden, dann ist häufig das Gewicht des einen organischen Stoffs doppelt so groß wie das des andern, oder die Gewichte der beiden organischen Stoffe, welche jeder für sich mit demselben Gewicht eines dritten eine Verbindung eingehen, sind auf irgend eine andere Weise verschieden. Solche Gewichtsverhältnisse sind nämlich für alle chemischen Verbindungen fest und unveränderlich. Und wenn man diese Gewichtsverhältnisse auf einen dritten Körper als Einheit bezieht, dann nennt sie der Chemiker Mischungsgewichte.

Gewöhnlich legt man für alle Grundstoffe auf diese Weise den Wasserstoff als Einheit zu Grunde.

So enthalten denn zum Beispiel die wasserfreie Milchsäure und das Stärkegummi für je einen Gewichtstheil Wasserstoff beide gleich viel Mischungsgewichte Kohlenstoff und Sauerstoff. Wenn sich aber Stärkegummi mit Bleioxyd verbindet, dann ist sein Mischungsgewicht doppelt so groß als das der Milchsäure. Demnach ist die Zusammensetzung der Milchsäure und des Stärkegummis trotz der gleichen Verhältnisse, in welchen sie Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, unter sich verschieden.

Dem entsprechend sind auch die Form und die Eigenschaften der Milchsäure und des Stärkegummis verschieden. Die Milchsäure ist eine syrupdicke Flüssigkeit, während das Stärkegummi einen festen Körper darstellt von muschligem Bruch und glatter, mattglänzender Oberfläche. Die Milchsäure ist sauer, das Stärkegummi weder sauer noch basisch. Stärkegummi wird durch Behandlung mit Schwefelsäure in Zucker verwandelt, Milchsäure nicht. Kurz, die beiden Körper unterscheiden sich von einander in Mischung, Form und Eigenschaften.

In anderen Fällen sind nicht nur die Verhältnißzahlen der einzelnen Grundstoffe unter einander, sondern auch die Summen derselben in zwei oder mehr verschiedenen Körpern gleich, und dennoch sind sie

nicht gleich zusammengesetzt, weil die Anordnung der Grundstoffe verschieden ist.

Wir kennen drei Körper, die alle auf sechs Atomgewichte Wasserstoff drei Atomgewichte Kohlenstoff und zwei Atomgewichte Sauerstoff enthalten. Diese Körper sind der Essigsäure-Methyläther, der Ameisensäure-Aethyläther und die Butteressigsäure.*) Allein in jedem dieser Körper sind die Grundstoffe anders gelagert. Der Chemiker bringt diese verschiedene Lagerung der Grundstoffe dadurch zur Anschauung, daß er für jeden der drei angeführten Körper eine besondere Formel aufstellt. Er bezeichnet den Essigsäure-Methyläther als $C_2H_3O_2 . CH_3$, den Ameisensäure-Aethyläther als $CHO_2 . C_2H_5$, die Butter-Essigsäure als $C_3H_6O_2$.

Jede dieser drei Formeln giebt uns die gleichen Summen der Atomgewichte für die einzelnen Grundstoffe, die den betreffenden Körper zusammensetzen, aber der Unterschied in der Lagerung der kleinsten Theilchen, welcher die Verschiedenheit der Mischung bedingt, verräth sich dadurch, daß Essigsäure-Methyläther und Ameisensäure-Aethyläther, mit Kali behandelt, verschiedene Zersetzungsprodukte liefern, jener Methyläther und Essigsäure, dieser Ameisensäure und gewöhnlichen Alkohol, während die Propionsäure mit

*) Mecacetonsäure, Propionsäure.

Kali propionsaures Kalium bildet, indem an die Stelle von Einem Atom Wasserstoff der Propionsäure Ein Atom Kalium tritt.

Nicht immer sind wir so glücklich, auf diese handgreifliche Weise den Schleier zu lüften, der die Unterschiede der Zusammensetzung verhüllt. Wenn die Körper einfach sind und in ihren Mischungsgewichten durchaus übereinstimmen, dann bleibt uns indeß ein anderes Mittel übrig, indem wir aus dem Verhalten zum Licht auf die Lagerung der kleinsten Theilchen zweier Stoffe schließen. Diese Bahn hat ein genialer Franzose, Namens Pasteur, betreten. Seiner Beharrlichkeit verdanken wir es, daß der Satz, nach welchem Mischung, Form und Eigenschaften bei jeder Veränderung Hand in Hand gehen, mehr als je befestigt ist.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen schwingen die Aetherwellen, deren Bewegung Lichteindrücke erzeugt, in einer auf dem Lichtstrahl senkrechten Ebene nach allen Richtungen. Manche Körper dagegen ertheilen den Schwingungen des Lichtstrahls, den sie durchlassen, eine bestimmte Richtung: man sagt, daß sie das Licht polarisiren.

Die Ebene, in welcher der polarisirte Lichtstrahl schwingt, kann durch manche Körper eine Drehung erfahren, und eben das Vorhandensein oder die Richtung

und Größe dieser Drehung geben uns das feinste Mittel an die Hand, die Anordnung der kleinsten Theilchen zu beurtheilen. Wenn zwei Körper von gleicher Dichtigkeit durchaus gleiche Gewichtstheile derselben Grundstoffe enthalten, dann können sie die Lichtwellen, welche dieselben durchsetzen, nur dann zu einer verschiedenen Bewegungsrichtung veranlassen, wenn ihre kleinsten Theilchen eine verschiedene Lagerung besitzen.

In neuester Zeit haben die Chemiker es gelernt, aus Spargelstoff*) und aus der Verbindung einer im gemeinen Erdrauch**) vorkommenden Säure mit Ammoniak, aus saurem erdrauchsaurem Ammoniak***) Aepfelsäure zu bereiten. Anfangs hielt man die auf dem einen und die auf dem anderen Wege gewonnene Aepfelsäure für durchaus gleich. Und die Verhältnißzahlen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs sowohl, wie das Mischungsgewicht, nach welchem sich die Säure des einen wie des anderen Ursprungs mit anderen Stoffen verbindet, schienen dafür zu sprechen. Da zeigte Pasteur, daß die aus dem Spargelstoff bereitete Aepfelsäure die Ebene des polarisirten Lichtstrahls dreht, die aus dem erdrauchsauren Ammoniak gewonnene dagegen nicht. Hiermit war ein Unter-

*) Asparagin.
**) Fumaria officinalis.
***) Saures fumarsaures Ammoniak.

schied der Lagerung der kleinsten Theilchen in beiden Körpern erkannt. Die Unterschiede in den Eigenschaften blieben nicht aus. So nimmt die aus erdrauchsaurem Ammoniak gewonnene Aepfelsäure an feuchter Luft nur wenig Wasser auf, während die vom Spargelstoff herstammende langsam, aber so lange Wasser aufnimmt, bis sie in eine klebrige Flüssigkeit verwandelt ist.

Pasteur nennt die Aepfelsäure, welche die Ebene des polarisirten Lichtstrahls dreht, wirksam, die andere unwirksam. Wenn man die Lösungen dieser Säuren durch ein Bleisalz niederschlägt, dann bildet das äpfelsaure Bleioxyd im einen wie im andern Falle nadelförmige Krystalle. Während aber diese Krystallisation für die wirksame Aepfelsäure in einigen Stunden abläuft, nimmt sie für die unwirksame mehre Tage in Anspruch.

Je geringfügiger der Unterschied in der Mischung ausfällt, desto unbedeutender sind auch die Abweichungen in den Eigenschaften. Aber die Verschiedenheit der Mischung setzt die der Eigenschaften mit Nothwendigkeit voraus, und umgekehrt.

So wie es nun aber zahlreiche Stoffe giebt, die trotz der gleichen Gewichte, in welchen sie die Grundstoffe enthalten, eine verschiedene Mischung besitzen, so giebt es auch zahlreiche Körper, die auf den ersten Blick bei verschiedener Zusammensetzung und verschie-

denen Eigenschaften durch dieselbe Form ausgezeichnet zu sein scheinen und doch nicht gleiche Form besitzen.

Bei näherer Betrachtung erweist sich immer deutlicher, daß in solchen Fällen kleine, aber dennoch regelmäßige Unterschiede stattfinden. Es sind vorzugsweise die krystallisirenden Verbindungen, welche in dieser Beziehung den lehrreichsten Stoff zur Forschung bieten.

Schon bei anorganischen Stoffen hat man durch eine genauere Messung der Winkel, welche die einzelnen Flächen mit einander bilden, gefunden, daß Krystallformen, welche man anfangs für gleich hielt, in gewissen Merkmalen dennoch von einander abweichen. Und de Senarmont hat auf zahlreiche Beispiele aufmerksam gemacht, in welchen die Aehnlichkeit der Form mit der Aehnlichkeit im Verhalten zum Licht gleichen Schritt hält, wie man es von einer beinahe vollkommenen Uebereinstimmung des Gefüges erwarten durfte. So verhält es sich mit phosphorsaurem und arseniksaurem Kali, mit schwefelsaurem Baryt und schwefelsaurem Bleioxyd.

Am wichtigsten sind aber wiederum die Fälle, welche Pasteur verzeichnet hat. Vor mehreren Jahren hatte man in einer Traubenart neben der Weinsäure eine andere organische Säure gefunden, die als Traubensäure beschrieben wurde. Pasteur hat gezeigt, daß sich die Traubensäure in zwei verschiedene Säuren zerlegen läßt. Diese Säuren stimmen beinahe in jeder

Rücksicht mit einander überein. Sie zeigen dasselbe Verhalten zu den Lösungsmitteln und Basen, drehen beide die Ebene des polarisirten Lichtstrahls, besitzen beide dieselbe Krystallform und enthalten beide gleiche Mischungsgewichte von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Und dennoch ist die Uebereinstimmung zwischen beiden nicht vollkommen, weder für die Mischung, noch für die Form, noch für die Eigenschaften. Denn während die eine Säure die Ebene des polarisirten Lichtstrahls zur Rechten ablenkt, dreht sie die andere um einen gleich großen Winkel zur Linken, so daß Pasteur eine rechtsdrehende und eine linksdrehende Säure unterscheidet. Dieses verschiedene Verhalten zum Licht bekundet eine verschiedene Anordnung der kleinsten Theilchen, sowie es einen, wenn auch noch so geringfügigen, Unterschied in den Eigenschaften bezeichnet. Dem entspricht nun, daß den Krystallen beider Säuren die Hälfte der Flächen fehlt, welche der regelmäßigen Krystallform, zu der sie gehören, zukommen würden; die ausgebildeten Flächen sind aber an den beiden Krystallen so vertheilt, daß die eine Säure als das Spiegelbild der anderen erscheint. Es hat sich herausgestellt, daß die rechtsdrehende Säure gewöhnliche Weinsäure ist; die linksdrehende, ihr Gegenbild, wird als Gegenweinsäure*) bezeichnet. Die Traubensäure ist

*) Antiweinsäure.

also eine Verbindung von rechtsdrehender und linksdrehender Weinsäure, oder von gewöhnlicher und Gegenweinsäure. Daneben giebt es aber eine aus gleich viel Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende, sogenannte unwirksame Weinsäure, welche auf den polarisirten Lichtstrahl gar keinen Einfluß ausübt.

Das saure äpfelsaure Ammoniak krystallisirt nach Pasteur in geraden, rhombischen Säulen. Ich habe oben mitgetheilt, daß wir nach Pasteur's Untersuchungen die Aepfelsäure, je nachdem sie aus Spargelstoff oder aus saurem erdrauchsaurem Ammoniak hervorgegangen ist, als wirksam oder unwirksam mit Rücksicht auf den polarisirten Lichtstrahl unterscheiden müssen. Jene nimmt an der Luft Wasser auf, bis sie in eine klebrige Flüssigkeit verwandelt ist, diese dagegen nur sehr wenig; das Bleisalz der wirksamen Aepfelsäure krystallisirt rasch, das der unwirksamen sehr langsam. Wir wissen also von diesen Säuren bereits, daß sie, trotz der gleichen Gewichtsverhältnisse ihrer Grundstoffe, eine verschiedene Lagerung ihrer kleinsten Theilchen und verschiedene Eigenschaften besitzen. Um so wichtiger ist die Beobachtung Pasteur's daß das krystallisirte saure Ammoniaksalz der wirksamen Aepfelsäure einige unregelmäßige Flächen besitzt, welche dem Salz der unwirksamen Aepfelsäure fehlen.

Unter den anorganischen Körpern finden wir aber die Aehnlichkeit in der Krystallform um so häufiger, je ähnlicher die Grundstoffe sind, von denen der eine den anderen in einem Krystall ersetzt. So krystallisiren Kochsalz oder die Verbindung von Chlor und Natrium und die Verbindung von Chlor und Kalium beide in Würfeln. Die Uebereinstimmung der Krystallform ist ein Ausdruck der außerordentlichen Aehnlichkeit zwischen Kalium und Natrium, die beide mit einem und demselben dritten Grundstoff, dem Chlor, verbunden sind. Und doch fehlt es dem Unterschied, der bei aller Aehnlichkeit in den Eigenschaften stattfindet, nicht an einem entsprechenden Unterschied in der Form. Das Chlorkalium ist nämlich ausgezeichnet durch die Neigung, in die Länge gezogene rechteckige Säulen zu bilden.

Während nun auf der einen Seite die größte Aehnlichkeit in der Form bei abweichenden Eigenschaften die allergenaueste Zergliederung erfordert, um zu erkennen, daß eine Veränderung in der Form der Veränderung in Mischung und Eigenschaften entspricht, so giebt es andererseits Fälle, in welchen eine Veränderung in der Form auf den ersten Blick unabhängig von einem Unterschied in Mischung und Eigenschaften aufzutreten scheint. So wenn der kohlensaure Kalk das eine Mal als Kalkspath in Rhomboedern, das

andere Mal als Arragonit in sechsseitigen Säulen krystallisirt. Beide Mineralien enthalten durchaus dieselben Mengen von Kohlensäure und Kalk. Es ist klar, daß der Unterschied in der Krystallform demnach nur durch eine verschiedene Lagerung der kleinsten Theilchen bedingt sein kann. Um so merkwürdiger ist es, daß man den Arragonit durch bloße Wärme in ein Haufwerk von Kalkspathkrystallen verwandeln kann. Und da Kalkspath und Arragonit eine verschiedene Lagerung der kleinsten Theilchen und verschiedene Krystallform besitzen, so braucht man nur daran zu erinnern, daß Arragonit den Kalkspath ritzt und denselben an Eigenschwere übertrifft, um auch hier den verlangten Einklang zwischen Form und Mischung und Eigenschaften wiederzufinden.

In ähnlicher Weise, wie wir durch bloße Wärme die Lagerung der kleinsten Theilchen im Arragonit so umwandeln können, daß er in ein Haufwerk von Kalkspathkrystallen zerfällt, kommt auch der Schwefel in zwei verschiedenen Krystallformen, der Kohlenstoff in zwei verschiedenen Krystallformen und formlos vor. Da hier die Unterschiede bei einem und demselben Grundstoff auftreten, so bleibt uns nichts übrig, als eine verschiedene Lagerung der kleinsten Theilchen und für den Kohlenstoff eine verschiedene Dichtigkeit anzunehmen, oder zu erwarten, daß man dereinst die Zer-

legbarkeit jener als Grundstoffe erscheinenden Körper darthun wird. Wenn man Diamant, Graphit und formlose Kohle mit einander vergleicht, dann erhellt es, wie groß die Rolle ist, welche die Dichtigkeit eines Stoffs auch als Bedingung der übrigen Eigenschaften spielt.

Immer aber sehen wir eine verschiedene Lagerung der kleinsten Theilchen, Verschiedenheit in den Mischungsgewichten oder Verschiedenheit der Grundstoffe den Unterschieden der Form und der Eigenschaften zu Grunde liegen. Mischung, Form und Kraft sind unzertrennliche Merkmale des Stoffs, von denen jedes Glied die beiden andern mit Nothwendigkeit bedingt.

Also verändert sich mit dem Stoff auch die Kraft. Und es wird uns mit einem Male offenbar, daß der Fülle der Formen bei Pflanzen und Thieren auch die Mannigfaltigkeit der Lebenserscheinungen entsprechen muß. Wir werden nach der obigen Entwicklung nicht mehr bezweifeln, daß das in kaltem Wasser unlösliche, durch Jod eine schöne blaue Farbe annehmende Stärkmehl und das formlose, in Wasser lösliche, nach der Behandlung mit Jod weinrothe Stärkegummi trotz des gleichen Mischungsgewichts und der gleichen Gewichtstheile, in welchen beide Körper den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, eine verschiedene Lagerung der kleinsten Theilchen, eine verschiedene Mischung

besitzen. Wir werden uns nicht darüber wundern, daß eine Pflanzenzelle andere Grundformen zeigt und mit ihres Gleichen andere Gewebe bildet, wenn ihre Wand aus reinem Zellstoff besteht, als wenn die Zellwand durch Holzstoffe, durch Kork, durch Fruchtmark, Stärkmehl, Pflanzenschleim oder andere Stoffe verdickt ist. Es wird uns begreiflich sein, daß es auf die Form und die Verrichtungen eines Gewebes bedingend einwirkt, ob das Eiweiß vorzugsweise als lösliches im Zelleninhalt vorhanden, oder als ungelöstes in der Zellwand älterer Zellen abgelagert ist. In den anorganischen Stoffen, die in stetiger Verwandtschaft bald diesem, bald jenem organischen Gewebebildner folgen, werden wir eine neue Quelle der Mannigfaltigkeit erblicken, vielleicht die üppigst fließende von allen. Nichts ist natürlicher, als daß Knorpel und Knochen in ihrer Härte, Biegsamkeit, Federkraft und anderen Eigenschaften, namentlich aber auch in der Gestalt ihrer kleinsten Formbestandtheile von einander abweichen, wenn man bedenkt, daß die Knorpel beinahe siebenmal so reich an Wasser sind als die Knochen, und daß bei der Umwandlung des Knorpels in Knochengewebe die Alkalisalze immer mehr den Erdsalzen, das Kochsalz und der kohlensaure Kalk der Knorpel dem phosphorsauren Kalk weichen, der in chemischem Sinne die Umwandlung des Knorpels in Knochen kennzeichnet.

Die ursprüngliche Verschiedenheit der Grundstoffe und ihrer Mischung ist also schon fruchtbar genug in der Erzeugung des Formenwechsels, den wir an der Erdoberfläche bewundern. Aber diese Fruchtbarkeit wird unendlich erhöht durch die verschiedenartigen Bewegungen, welche der Stoff dem Stoffe ertheilen kann. Auf solche Veränderungen der Bewegung läuft die Wirkung der Umstände hinaus. Niemand wird so kurzsichtig sein, in diesen Wirkungen, welche der eine Stoff auf den anderen überträgt, Kräfte zu erblicken, die nicht an einen stofflichen Träger gebunden wären.

Wenn kohlensaurer Kalk in der Kälte krystallisirt, nimmt er die Krystallform, die Härte und das Lichtbrechungsvermögen des Kalkspaths, in der Wärme krystallisirend dagegen die Form und die Eigenschaften des Arragonits an. Kochsalz, das bei — 10° krystallisirt, geht mit dem Wasser eine chemische Verbindung ein; es bilden sich schöne, durchsichtige, wasserhelle Säulen, die in hundert Gewichtstheilen mehr als achtunddreißig Theile Wasser enthalten. Bei 0° hört diese Anziehung zum Wasser auf; Kochsalz, das bei ge-

wöhnlichen Wärmegraden krystallisirt, ist immer wasserfrei. In ähnlicher Weise enthält kohlensaures Natron, das bei — 20° krystallisirte, mehr Wasser als solches, das bei + 20° Krystallform annahm. (Jacquelain.) Wir wissen durch Grove, daß glühendes Platin im Stande ist, Wasser zu zersetzen, ebenso wie der galvanische Strom.

Aber die Wärme ist nicht etwa eine vom Stoff losgebundene Kraft, noch weniger ein eigener Stoff. Wir kennen keine Wärme, sondern nur warme Stoffe, das heißt Körper, in welchen die Anordnung der kleinsten Theilchen durch einen Zustand eigenthümlich erhöhter Bewegung in fortwährendem Werden begriffen ist. Ist es nicht klar, daß solche Bewegungen die Lagerung der kleinsten Theilchen, die Anziehungsverhältnisse auch in anderen Stoffen verändern müssen, auf welche sich die Bewegungen übertragen?

Gewiß ist die Wärme nur eine von den Bewegungsformen als deren Ergebniß Veränderungen in der Mischung der Körper entstehen, aber sie ist nicht bloß in den weitesten Kreisen thätig, sondern auch am besten auf einen einheitlichen Gesichtspunkt zurückgeführt.

Es gilt als Regel, daß bei der Entstehung einer chemischen Verbindung Wärme frei wird, und umgekehrt zerfällt die Verbindung wieder in ihre Bestandtheile, wenn es gelingt, ihr die bei ihrer Bildung

entwickelte Wärme wieder zuzuführen, so daß ihre kleinsten Theilchen in den Zustand erhöhter Bewegung gerathen, deren Folge eben die Zersetzung ist.*)

Daraus folgt, daß überhaupt die chemischen Verbindungen als solche nur innerhalb bestimmter Wärmegrenzen Bestand haben. Am deutlichsten ist dies im Verhältniß der Körper zum Wasser. Denn es giebt zahllose Verbindungen, unorganische wie organische, in deren Zusammensetzung eine bestimmte Wassermenge eingeht, die ihnen nicht entzogen werden kann, ohne daß der eigenthümliche Bau ihres chemischen Bestandes zertrümmert wird.

Jene Wasserbindung der Körper, aus der so häufig Krystalle hervorgehen, daß man von Krystallwasser spricht, ist von einer nachweisbaren, wenn auch nicht bedeutenden Wärmeentwicklung begleitet, und sie liefert ein besonders lehrreiches Beispiel zu dem oben ausgesprochenen allgemeinen Satze, insofern eine Erhöhung der Wärme genügt, um das Wasser theilweise oder ganz aus der Verbindung mit anderen Körpern auszutreiben.

Kohlensaures Natron, das uns schon belehrte über die Abhängigkeit des Wassergehalts gewisser Krystalle von der Wärme, bei der sie gebildet wurden, enthält

---

*) Vgl. Hugo Schiff, Einführung in das Studium der Chemie, Berlin 1876, S. 70.

in seinen bei niederer Temperatur entstandenen Krystallen in je hundert Theilen 63 Krystallwasser, die ihm bis zu 13° treu bleiben. Bei dieser Wärme tritt so viel Wasser aus, daß 100 Theile des kohlensauren Natrons nur noch 46 Wasser enthalten, und zugleich zerfallen die großen wasserhellen Krystalle nun in ein weißes krystallinisches Pulver, das im gemeinen Leben unter dem Namen Soda bekannt ist. Wird die Wärme bis auf 38° erhöht, dann sinkt das Wasser, mit welchem das kohlensaure Natron verbunden ist, auf 14,5 Procent hinab, und auch dieses Wasser wird bei 100° ausgetrieben, so daß nach und nach wasserfreie Soda aus den durchsichtigen Sodakrystallen hervorgegangen ist, die zu mehr als drei Fünfteln ihres Gewichts aus Wasser bestanden.

In ähnlicher Weise verbindet sich Einfachschwefeleisen bei einer Wärme, die unter der Rothgluthhitze liegt, mit mehr Schwefel zu Zweifachschwefeleisen, während letzteres bei heller Rothglut wieder in Einfachschwefeleisen und Schwefel zerfällt.

Wir sehen aber auch bei erhöhter Wärme Verbindungen entstehen, und es sind zahlreiche Beispiele bekannt, in welchen die erhöhte Bewegung der kleinsten Theilchen jene Bewegungsform, die eben den Zustand der Wärme darstellt, erfordert wird, damit die Molecüle verschiedener Stoffe innig genug auf einander einwirken, um eine Verbindung zu erzeugen.

So bedarf es der Wärme, um Schwefel mit Eisen zu Einfachschwefeleisen zu verbinden. Aber in diesem Falle handelt es sich um ein Beispiel, in welchem nur einem kleinen Theile des Gemenges von drei Theilen Eisenfeile mit 2 Theilen Schwefelblumen durch etwas brennenden Schwefel eine kleine Wärmemenge zugeführt zu werden braucht, damit die an Einer Stelle entstehende Verbindung selbst so viel Wärme frei werden läßt, daß sie den zunächst liegenden Theil des Pulvers zu derselben Wechselwirkung veranlaßt. Hat man das Gemenge von Schwefel und Eisen in eine hinlänglich starke, noch durch einen spiralen Eisendraht gestützte Glasröhre gebracht, dann genügt es oben auf die Röhre etwas brennenden Schwefel zu legen, damit sich die Verbindungswärme, die in dem obersten Theil des Gemenges frei wird, nach und nach durch die ganze Röhre hinab fortpflanzt, die ganze Säule des Pulvers erglüht, und alles Eisen mit dem Schwefel zu Einfachschwefeleisen verbunden wird.*)

So bewirkt das Licht eine Verbindung des Wasserstoffs mit Chlor zu Salzsäure, eine Verbindung des Sauerstoffs mit dem Schwefel und dem Arsenik des gelben Schwefelarseniks**), es bedingt die Entwick-

*) Hugo Schiff, a. a. O. S. 68.

**) Auripigment.

lung der Farbstoffe in den Pflanzen, lauter Wirkungen, die sich im Schatten nicht ereignen. Salpetersaures Silberoxyd wird im Licht zersetzt, ein Theil des Sauerstoffs entweicht, und die Lösung schwärzt sich, weil metallisches Silber sich ausscheidet. „Die unmittel„bare Ursache solcher Zersetzungen“, sagt Draper, „besteht darin, daß ein Lichtstrahl die Stofftheilchen, „welche er trifft, in schnelle Schwingungen versetzt; „daher kann es geschehen, daß in den kleinsten Theil„chen die Grundstoffe nicht mehr zu derselben Gruppe „vereinigt bleiben können; die Grundstoffe der kleinen „Gruppe können in einem solchen Falle nicht einstim„mig nach derselben Richtung bewegt werden. Das „Ergebniß ist eine Umlagerung, eine Verbindung oder „Zersetzung.“ Berliner Blau wird nach Chevreul im luftleeren Raum unter bloßer Einwirkung des Sonnenlichts entfärbt, indem es Cyan oder Blausäure abgiebt. Vollkommen trockner Sauerstoff stellt die blaue Farbe wieder her, indem sich so viel Eisenoxyd bildet, als der Menge des ausgeschiedenen Cyans entspricht.

Man weiß, daß der Luftdruck einer Quecksilbersäule von siebenhundertsechzig Millimeter das Gleichgewicht hält. Wenn man die gasförmige Kohlensäure einem Druck aussetzt, der sechsunddreißigmal so stark ist, dann wird dieselbe zu einer farblosen tropfbaren Flüssigkeit verdichtet. Der höhere Luftdruck, indem er

zu den Umständen gehört, welche stoffliche Veränderungen hervorrufen, wirkt offenbar, indem er die Bewegung verändert. Eine Lösung von gewöhnlichem phosphorsaurem Natron nimmt sehr viel Kohlensäure auf. Allein eine bedeutende Verminderung des Luftdrucks, die Anwendung der Luftpumpe reicht hin, um die Kohlensäure wieder aus der Lösung auszutreiben.

Ja es liegen Beobachtungen vor, nach welchen geringe Druckschwankungen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung von Lösungen bedingen, die dem Physiologen viel zu denken geben. Als Debus eine Auflösung von Kalk und Baryt, die auf Einen Theil Kalk dreizehn Theile Baryt enthielt, tüchtig geschüttelt, in einer zwei Meter langen Röhre sechs Tage lang ruhig hatte stehen lassen, fand er im oberen Theil der Röhre die Lösung reicher an Kalk, im unteren reicher an Baryt. Und Debus schließt daraus, daß die alte, oft bezweifelte Angabe, nach welcher die Mutterlauge in den Kästen der Gradirhäuser nach längerem Stehen nach dem Boden der Gefäße zu dichter werde, durch seine Beobachtungen an der Baryt-Kalklösung an Wahrscheinlichkeit gewinne. *)

Durch eine sinnreiche Verwendung eines sehr hohen Drucks im Verein mit hoher Wärme, ist es Berthe-

*) Debus, Annalen der Chemie und Pharmacie, von Liebig, Wöhler und Kopp, Bd. LXXXV, S. 132.

lot gelungen, zwei Kohlenwasserstoffe von höherer Zusammensetzung nach und nach mit einer immer größeren Menge Wasserstoff zu verbinden. So gelangte er von dem Hauptbestandtheil des Terpenthinöls*) zum Camphenwasserstoff, Terpilenwasserstoff, Decylenwasserstoff und Amylenwasserstoff.**) Das Naphtalin an Wasserstoff bereichernd, erhielt Berthelot zwei Naphtalinwasserstoffe, Diethylbenzin und denselben Decylenwasserstoff, zu welchem er auch vom Terebenthen aus gelangt war.***) Berthelot's Kunstgriff bestand aber darin, daß er eine in der Kälte gesättigte Lösung von Jodwasserstoff mit dem Terebenthen oder Naphtalin in einer zugeschmolzenen Glasröhre bis auf 275° erwärmte. Bei dieser Wärme,

---

*) Terebenthen.

**)

Terebenthen		Wasserstoff		Camphenwasserstoff
$C_{10}H_{16}$	+	2 H	=	$C_{10}H_{18}$
Terebenthen				Terpilenwasserstoff
$C_{10}H_{16}$	+	4 H	=	$C_{10}H_{20}$
Terebenthen				Decylenwasserstoff
$C_{10}H_{16}$	+	6 H	=	$C_{10}H_{22}$
Terebenthen				Amylenwasserstoff
$C_{10}H_{16}$	+	8 H	=	2 C_5H_{12}.

***)

Naphtalin		Wasserstoff		Naphtalinwasserstoff
$C_{10}H_8$	+	2 H	=	$C_{10}H_{10}$
Naphtalin				
$C_{10}H_8$	+	4 H	=	$C_{10}H_{12}$
Naphtalin				Diethylbenzin
$C_{10}H_8$	+	6 H	=	$C_{10}H_{14}$
Naphtalin				Decylenwasserstoff
$C_{10}H_8$	+	14 H	=	$C_{10}H_{22}$.

und selbst noch bevor sie ganz erreicht ist, zerfällt der Jodwasserstoff in Jod und Wasserstoff, und ein Theil des letzteren verbindet sich mit dem Terebenthen oder dem Naphtalin bei einem Druck, den Berthelot auf etwa 100 Atmosphären schätzt.*) Da sich das Naphtalin künstlich aus den Grundstoffen darstellen läßt, so liefert uns die Einwirkung des freiwerdenden Wasserstoffs auf dasselbe bei hohem Druck und hoher Wärme ein lehrreiches Beispiel des stufenweise fortschreitenden Aufbaus organischer Stoffe aus den Elementen.

Wenn aber Licht und Wärme, Electricität und Luftdruck als Zustände des Stoffs erscheinen, welche auf mächtige Weise Bewegung und dadurch stoffliche Umsetzungen, sowie den Aufbau organischer Körper, bewirken, in Hunderten von Fällen sind geringere Einflüsse thätig, und dennoch ertheilen sie dem Stoff die merkwürdigsten Bewegungen.

Es gehört zu den bekannteren Erscheinungen, daß eine formlose, schwarze Verbindung von Schwefel und Quecksilber durch einfaches Reiben in den schönen, hochrothen, krystallinischen Zinnober verwandelt wird.

---

*) Berthelot, La synthèse chimique, 2e édition, Paris 1876, p. 234, 235; und Berthelot, traité élementaire de chimie organique, Paris 1872, p. 132, 133, 119.

Wenn rothes Jodquecksilber erhitzt wird, dann wird es gelb; bei stärkerem Erhitzen schmilzt es, und indem es sich verflüchtigt, setzt es sich an höhere kühlere Stellen des Behälters in der Form von gelben rhombischen Krystallen an. Wird ein solcher Krystall mit einer Nadel berührt, dann wird er sogleich roth, und seine Form wird dabei tetragonal, zum Beweise daß die Veränderung der Farbe mit einer Umlagerung der kleinsten Theilchen Hand in Hand geht. Knallquecksilber, Jodstickstoff, Silberoxyd-Ammoniak zersetzen sich in Folge eines gelinden Stoßes, ja es giebt Knallverbindungen, die wenn gewisse Töne in ihrer Nähe erzeugt werden, also durch Schwingungen von bestimmter Anzahl in der Secunde, unter Zersetzung verpuffen.

Das Schmiedeeisen hat eine traurige Berühmtheit dadurch erlangt, daß es durch bloße Erschütterung krystallinisch und brüchig wird, was für die Achsen der Dampfwagen gefährlich werden kann. Kohn hat dargethan, daß wiederholte Drehungen, die das Eisen in eine federnde, schwingende Bewegung versetzen, hinreichen, um die Lagerung der kleinsten Theilchen so zu verändern, daß das Eisen die krystallinische, brüchige Beschaffenheit annimmt. Erdmann hat sogar einen Fall beobachtet, in welchem bleihaltiges Zinn von Orgelpfeifen ein krystallinisches Gefüge be-

kommen hatte, offenbar in Folge der tonerzeugenden Schwingungen.

Eine Reihe von höchst merkwürdigen Untersuchungen, welche Heinrich Rose über das Verhalten des Wassers angestellt hat, lehrt uns, daß große Wassermengen schwache Säuren, wie die Kohlensäure oder die Kieselsäure, aus ihren Salzen auszutreiben vermögen. Saures, schwefelsaures Natron wird durch eine reichliche Wassermenge in einfach schwefelsaures Natron, das gewöhnliche Mittelsalz, und freie Schwefelsäure verwandelt, die sich mit Wasser verbindet. Das Wasser übernimmt im Verhältniß zur Schwefelsäure die Rolle einer Basis.

Auf diesem Wege gelingt es, Verbindungen, die aus zwei Salzen bestehen, sogenannte Doppelsalze, zu zerlegen. Der Glauberit ist eine Verbindung von schwefelsaurem Kalk und schwefelsaurem Natron. Wird derselbe mit einem sehr großen Ueberschuß von Wasser behandelt, dann wird das schwefelsaure Natron gelöst, während der schwefelsaure Kalk ungelöst zurückbleibt. Graham ist es bei seinen berühmten Versuchen über die Vertheilung der Salze im Wasser sogar gelungen, den Alaun, der eine innige Verbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali darstellt, durch eine große Wassermenge zu zerlegen. Es wird dem Alaun ein Theil seines schwefelsauren Kalis entzogen, das in Lösung übergeht.

Das Wasser wirkt in diesen Fällen durch seine Masse auf denjenigen Stoff, der am leichtesten darin gelöst wird.

Aehnliche Massenwirkungen kennt man in den Beispielen, in welchen unter gleichen Stoffen eine verschiedene Wechselwirkung eingeleitet wird, je nachdem der eine oder der andere in vorherrschender Menge zugegen ist.

Wenn Kalkwasser zugleich mit Kohlensäure und Schwefelwasserstoff behandelt wird, dann bildet sich unlöslicher kohlensaurer Kalk, wenn die Kohlensäure in bedeutendem Ueberschuß vorhanden ist, dagegen eine lösliche Verbindung von Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium, wenn der Schwefelwasserstoff reichlich überwiegend zur Anwendung kam.*)

Es ist nur ein besonderer Fall solcher Massenwirkung, wenn man beim Vermischen zweier Körper ein verschiedenes Ergebniß erhält, je nachdem man den einen in eine Lösung des anderen einträgt, oder umgekehrt diesen in eine Lösung jenes. Trägt man zum Beispiel gepulvertes schwelfelsaures Zink in eine gesättigte Lösung schwefelsaurer Bittererde, dann erhält man Krystalle eines Doppelsalzes, in welchem Zink- und Magnesiumoxyd zu beinahe gleichen Theilen (jenes zu 11,6 %, dieses zu 12,6 %) vertreten sind. Trägt man umgekehrt schwefelsaure Bittererde in eine

---

*) Hugo Schiff, a. a. O. S. 200.

gesättigte Lösung schwefelsauren Zinks, dann bilden sich Krystalle, die hundertmal mehr Zinkoxyd (27,84 %) als Bittererde (0,27) enthalten. In ähnlichem Sinne, wenn auch weniger groß ist der Unterschied, wenn man den Versuch mit schwefelsaurem Eisen und schwefelsaurem Zink anstellt. Wenn man gepulvertes schwefelsaures Eisen in eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Zink bringt, dann krystallisirt ein Doppelsalz, das reicher ist an Zinkoxyd (13,8) als an Eisenoxyd (12,1), umgekehrt dagegen reicher an Eisenoxyd (14,63) als an Zinkoxyd (12,05), wenn man die gesättigte Lösung von schwefelsaurem Eisen mit gepulvertem schwefelsauren Zink versetzt. (Schäuffele.)*)

So mächtig ist die Wirkung derjenigen Einflüsse, die allgegenwärtig den Stoff beherrschen. Wasser, mechanische Erschütterungen und Massenwirkungen, Luftdruck und Electricität, Licht und Wärme, wo sind sie unthätig? Und wenn die Umstände, deren Mannigfaltigkeit den Wechsel der stofflichen Beschaffenheit bedingt, überall gleichbedeutend sind mit Bewegungen, welche der eine Stoff auf den andern überträgt, so ist es ein zwingender Schluß, daß alle Zustände der Körper überhaupt auf verschiedene Bewegungszustände zurückgeführt werden müssen.

---

*) Schäuffele, Journal de pharmacie et de chimie, 3e série, T. XVII, p. 268.

Wir wissen, daß viele Flechten ausschließlich leben von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, denen sich einige Salze zugesellen. Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sind überhaupt die wichtigsten Nahrungsstoffe, mit deren Hülfe sich die Pflanzenwelt entwickelt.

Bunsen und Playfair haben es schon vor mehren Jahren gezeigt und Rieken hat es bestätigt, daß man das Cyan, eine Verbindung von Stickstoff und Kohlenstoff, aus anorganischen Stoffen gewinnen kann. Wenn man kohlensaures Kali mit reiner Kohle innig mengt und das Gemenge in einem Strom von Stickstoff so stark erhitzt, daß das Kali seines Sauerstoffs beraubt wird, dann bildet sich Cyankalium.*) Auf diese Thatsache gründet sich die in England begonnene fabrikmäßige Bereitung des Blutlaugensalzes, einer Doppelverbindung von Cyan mit Kalium und Eisen, unter Benützung des Stickstoffs der Luft. Früher glaubte man, daß Cyan nur durch die Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe gewonnen werden könnte.

Cyan mit Sauerstoff verbunden stellt die Cyansäure dar. Aber ebenso, wie das Cyan sich aus den Grundstoffen künstlich bereiten läßt, kann sich Wasserstoff in dem Augenblick, in welchem er aus

---

*) Kohlensaures Kali + Kohle + Stickstoff = Cyankalium + Sauerstoff

$$K_2CO_3 + C + 2N = 2KCN + 3O.$$

seinen Verbindungen frei wird, mit Stickstoff zu Ammoniak verbinden. Außerdem kann man auch vom Cyan aus zum Ammoniak gelangen. Cyan, in Wasser gelöst, braucht man nur der Luft auszusetzen, um eine Ausscheidung von braunen Flocken wahrzunehmen, welche das Zeichen einer Zersetzung ist, in deren Folge, nach Wöhler's Beobachtung, außer Kohlensäure, Blausäure, Ammoniak, kleesaures Ammoniak und Harnstoff in der Flüssigkeit gelöst sind.

Kleesäure ist eine Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff, in welcher auf die gleiche Kohlenstoffmenge nur drei Viertel von dem Sauerstoffgewicht enthalten sind, welches der Kohlensäure zukommt. Die Kleesäure bedingt den sauren Geschmack des Sauerampfers, des Sauerklees und vieler anderer Pflanzen. Es ist eine organische Säure, die wir nach dem soeben Mitgetheilten ohne alle Mithülfe eines Organismus mittelbar aus den Grundstoffen darstellen lernten.

So kennen wir denn jetzt eine organische Basis, das Ammoniak, einen organischen Zünder, das Cyan, eine organische Säure, die Kleesäure, die wir aus den Grundstoffen darstellen können. Vor wenigen Jahren glaubte man noch von allen dreien, daß sie wohl durch Zerlegung von höher zusammengesetzten organischen Verbindungen, nicht aber durch Zusammenfügung der einfachen Grundstoffe gewonnen werden könnten.

Wir haben in dem Ammoniak eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff, in dem Cyan einen Paarling des Stickstoffs mit Kohlenstoff, und der letztgenannte Grundstoff ist in der Kleesäure mit Sauerstoff verbunden. Lange hat es gedauert, bevor man auch eine einfache Verbindung von Kohlenstoff mit Wasserstoff gewinnen lernte, ohne dabei von organischen Körpern auszugehen. Dieses Räthsel, durch welches uns die Sphinx der Lebenskraft bisher von einem erfolgreichen Vordringen in der künstlichen Darstellung organischer Verbindungen ohne alle Anwendung organischer Stoffe verscheuchte, hat Berthelot gelöst. Er hat die Sphinx und ihre Gläubigen von ihrer Höhe herabgestürzt und anstatt ihrer eine Anzahl von Forschern darauf gestellt, denen er die Fäden in die Hand gab, um an der künstlichen Wiedererzeugung der organischen Welt aus Grundstoffen weiter zu weben. Dies alles hat Berthelot geleistet, indem er durch Einwirkung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff auf Kupfer bei dunkler Rothglühhitze neben anderen Stoffen eine bemerkbare Menge von ölbildendem Gase bereitete.*) Oelbildendes Gas, aus Kohlenstoff und

---

*) Oelbildendes Gas, Aethylen, C_2H_4.

Schwefelkohlenstoff	Schwefelwasserstoff	Kupfer	ölbildendes Gas	Halbschwefelkupfer

$$2CS_2 + 2H_2S + 10\,Cu = C_2H_4 + 5Cu_2S$$

Wasserstoff bestehend, ist aber einer jener einfachen Bausteine, die der Naturforscher um des Aufbaus organischer Körper willen seit lange höher achtet als künstliche Diamanten. Es galt nur dieses ölbildende Gas zu bereiten, ohne es mittelbar aus der Werkstatt des organischen Lebens herzunehmen, um uns in den Stand zu setzen, eine ganze Anzahl verwickelt zusammengesetzter organischer Stoffe ohne jede Dazwischenkunft eines Organismus künstlich darzustellen. Berthelot hat die Aufgabe erfüllt, nicht bloß auf die oben angedeutete Weise, sondern auch indem er mehr als ein verschiedenes Verfahren dazu einschlug.

Schwefel und Kohlenstoff verbinden sich bei hohen Wärmegraden unmittelbar mit einander zu Schwefelkohlenstoff. Den Schwefelkohlenstoff hat Kolbe durch Einwirkung von Chlor in Kohlenstoffsuperchlorid verwandelt. Leitet man Dämpfe des letzteren Körpers durch eine glühende Porzellanröhre, dann erhält man ein flüssiges Gemenge zweier chlorärmerer Kohlenstoffverbindungen, das, in trocknem Chlorgase dem Sonnenlichte ausgesetzt, fast augenblicklich zu Kohlenstoffsuperchlorür erstarrt. Aus diesem Chlorkohlenstoff und Wasser entsteht nach Kolbe im Sonnenlicht Chloressigsäure. Melsens endlich erhielt aus Chloressigsäure, Kaliumamalgam und Wasser, das heißt durch die Einwirkung von freiwerdendem Wasserstoff auf Chlor-

essigsäure gewöhnliche Essigsäure*). Eine organische Säure, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend, geht also aus den einfachen Grundstoffen und deren anorganischen Verbindungen hervor. Durch trockene Hitze hat dann Berthelot die Essigsäure in vier andere organische Verbindungen übergeführt, die zum Theil aus Kohlenstoff und Wasserstoff, zum Theil aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen.**) Drei dieser Körper sind durch einen höheren Kohlenstoffgehalt vor der Essigsäure ausgezeichnet.

Noch einfacher ist die Darstellung der Ameisensäure aus einfachen Grundstoffen, wie sie Berthelot gelungen ist. Er ließ dazu feuchtes Kali bei einer Wärme von 100° in zugeschmolzenen Glaskugeln siebzig Stunden lang auf Kohlenoxydgas einwirken. Bei dieser Verwandlung des Kohlenoxyds in Ameisensäure muß sich Ein Molecül Kohlenoxyd mit Einem Molecül Wasser verbinden.***)

---

*) Kohlenstoffsuperchlorür + Wasser = Trichloressigsäure + Salzsäure

$$C_2Cl_6 + 2H_2O = C_2HCl_3O_2 + 3HCl,$$

Trichloressigsäure + Wasserstoff = Essigsäure + Salzsäure

$$C_2HCl_3O_2 + 6\,H = C_2H_4O_2 + 3HCl.$$

**) Naphtalin, Benzin, Phenyloxydhydrat und Aceton.

***) Kohlenoxyd + Wasser = Ameisensäure

$$CO + H_2O = CH_2O_2,$$

oder zunächst:

Kohlenoxyd + Kalihydrat = ameisensaures Kali

$$CO + KHO = CHKO_2.$$

Auf ganz ähnliche Weise unterscheidet sich der Alkohol durch Mehrgehalt der Grundstoffe des Wassers vom ölbildenden Gase. Der Gedanke lag demnach nicht allzu fern, darnach zu streben, das ölbildende Gas mit Wasser zu Alkohol zu verbinden.*) Berthelot hat den Gedanken zur That gemacht. Er ließ unter heftigem Schütteln Schwefelsäure auf ölbildendes Gas einwirken, und nachdem sich die Schwefelsäure hinlänglich mit ölbildendem Gase geschwängert hatte, versetzte er die Mischung mit Wasser und destillirte. Unter den Erzeugnissen der Destillation war Alkohol, drei Viertel so viel Alkohol als der Menge des von der Schwefelsäure verschluckten ölbildenden Gases entsprach.

Also Weingeist ohne Trauben, ohne Zucker und ohne Stärkmehl, Weingeist aus Steinkohlen! Das schwierigste Räthsel der Sphinx ist gelöst, seit wir das ölbildende Gas aus den Grundstoffen erzeugen können.

Erfinderisch schreitet der Chemiker weiter, sicheren Schrittes, unaufhaltsam. Strecker benützte die Blausäure und den Alkohol, um Milchsäure künstlich darzustellen. Zu dem Ende wird dem Alkohol durch Stoffe, die leicht Sauerstoff abgeben, ein Theil seines Wasserstoffs entzogen. Dadurch wird er in Aldehyd**) ver-

---

*) Oelbildendes Gas + Wasser = Alkohol

$C_2H_4 + H_2O = C_2H_6O$.

**) Alcohol dehydrogenatus.

wandelt. Aldehyd läßt sich mit Ammoniak verbinden, und wenn man Aldehydammoniak mit Blausäure und verdünnter Salzsäure kocht, dann erhält man eine organische stickstoffhaltige Basis*), welche nur mit salpetrichter Säure behandelt zu werden braucht, um in Milchsäure, Stickstoff und Wasser zu zerfallen. Die Milchsäure bildet sich dabei aus Aldehyd, der sich mit Ameisensäure im Augenblick ihrer Entstehung verbindet.**)

Das ölbildende Gas war die einzige Vorstufe, welche Strecker fehlte, um, allein von Grundstoffen ausgehend, zu einem sehr zusammengesetzten organischen Körper zu gelangen, welcher außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff und Schwefel enthält***), und sonst nur durch Zersetzung der geschwefelten Gallensäure†) bereitet werden konnte. Wird nämlich ölbildendes Gas mit wasserfreier Schwefelsäure behandelt, dann erhält man eine schwefelhaltige organische Säure††), deren Ammoniaksalz nach Strecker's Entdeckung nur auf 200° erhitzt zu

*) Alanin.

**) Aldehyd + Blausäure + Salzsäure + Wasser = Chlorammonium + Milchsäure

$$C_2H_4O + HCN + HCl + 2H_2O = NH_4Cl + C_3H_6O_3,$$

Aldehyd + Ameisensäure = Milchsäure

$$C_2H_4O + CH_2O_2 = C_3H_6O_3.$$

***) Taurin.

†) Choleinsäure.

††) Isäthionsäure.

werden braucht, um eine solche Umlagerung der Grundstoffe zu erleiden, daß daraus jenes Erzeugniß der Zersetzung geschwefelter Gallensäure, welches unter Anderen auch in den Lungen der Säugethiere und im Fleisch der Weichthiere vorkommt, mit allen seinen Eigenschaften hervorgeht.*)

Zu einem fast ebenso zusammengesetzten organischen Körper, dem aus Allyl und Schwefelcyan bestehenden Senföl, führen uns Kleesäure, Essigsäure und Cyan, die wir aus den Grundstoffen darstellen lernten. Dieser Fund war durch die bisherigen Entdeckungen so gründlich vorbereitet, daß Zinin in Petersburg und Berthelot in Paris unabhängig von einander die gleichsam fertig behauenen Bausteine richtig zusammenlegten. Den einfachsten Weg, zum Ziele zu gelangen, hat Dusart angegeben. Ein Gemenge von essigsaurem und kleesaurem Alkali wird trocken erhitzt. Dabei bilden sich Aceton, ein organischer Körper, und Kohlenoxyd, die, indem sie bei ihrer Entstehung auf einander einwirken, sich in Kohlensäure und einen Kohlenwasserstoff**) umsetzen, welcher letztere auf drei Atome Kohlenstoff sechs Atome Wasserstoff enthält. Dieser Kohlenwasserstoff läßt sich

---

*) Isäthionsaures Ammoniak — Wasser = Taurin
$H_4NC_2H_5SO_4 - H_2O = C_2H_7NSO_3$.

**) Propylen, C_3H_6.

mit Brom verbinden, und wenn die Bromverbindung mit weingeistigem Kali behandelt wird, dann verliert sie einen Theil ihres Broms und ihres Wasserstoffs, und es entsteht ein neuer Körper*), welcher außer einem Atom Brom den Kohlenstoff und Wasserstoff in demselben Verhältnisse führt, in welchem sie mit Schwefel das Knoblauchöl**) darstellen. Läßt man nun diese letztere Bromverbindung auf Schwefelcyankalium einwirken, dann entstehen Bromkalium und Senföl.***)

Das ist der ganz unermeßliche Gewinn, den uns die Möglichkeit, die allereinfachsten organischen Stoffe, gleichsam die Vorstufen organischer Mischung aus den Grundstoffen darzustellen, gebracht hat, daß wir nun in zahlreichen Fällen nur zwei einfache Verbindungen in geeigneter Weise zusammenzubringen brauchen, um den verwickelteren Körper zu erzeugen. Mischt man cyansaures Kali mit schwefelsaurem Ammoniak, dann verbindet sich das Kali mit der Schwefelsäure und die Cyansäure mit dem Ammoniak. Die letztere Verbindung bleibt aber nicht cyansaures Ammoniak, sondern sie verwandelt sich in Harnstoff. Der Harnstoff kann also aus den Grundstoffen künstlich dar-

---

*) Brompropylen, C_3H_5Br.

**) Schwefelallyl, $C_6H_{10}S$.

***)

Einfachbrompropylen		Schwefelcyankalium		Bromkalium		Schwefelcyanallyl (Senföl)
C_3H_5Br	+	$CKNS$	=	KBr	+	C_4H_5NS,

gestellt werden. Dies war das leuchtende Beispiel, mit welchem Liebig und Wöhler, auf dieser Bahn die fernsten Aussichten eröffnend, ein unsterbliches Verdienst errungen haben, wenn sie auch halb wider Willen, halb wider Einsicht den Beweis dadurch geliefert hätten, daß uns von nun an die Fackel des Lebens in chemischen und physikalischen Kräften aufgeht.

Berthelot hat ölbildendes Gas mit Wasser zu Alkohol verbunden. Dem Alkohol entziehen wir wieder einen Theil seines Wassers, wenn wir ihn durch Schwefelsäure in Aether verwandeln. Den Aether verbinden wir mit Kleesäure, mit Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure. Aus der Essigsäure machen wir durch den galvanischen Strom eine neue Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff*), die sich mit Sauerstoff zu einem neuen Aether paart. Auch dieser Aether bildet mit Kleesäure, Cyansäure, Ameisensäure, Essigsäure neue Körper, die auf höheren Stufen organischer Mischung stehen. Und so geht es fort. Es wäre schon heute ein eiteles Beginnen, wenn man alle die organischen Stoffe aufzählen wollte, zu denen uns jetzt von den Grundstoffen her der Zutritt gestattet ist.

Für die Lehre des Lebens sind aber die Fälle besonders lehrreich, in denen sich die Bindekunst des

---

*) Methyl, C_2H_6.

Chemikers auf Stoffe erstreckt, die in lebenden Organismen durch die Lebensthätigkeit gebildet werden, und die man so lange fälschlich als eine Ausgeburt besonderer, von den chemischen verschiedener Kräfte angesehen hat.

An Knoblauchöl und Senföl, an Harnstoff und den geschwefelten Gallenpaarling, an Essigsäure und Milchsäure, an so viele der weit verbreiteten Pflanzensäuren schließen sich Pferdeharnsäure*) und Fleischstoff**), Nervenbasis***) und Leimzucker †), fette Säuren und Oelsüß. ††)

Zur Pferdeharnsäure gelangt man, wenn man eine Verbindung von Zink und Leimzucker auf Benzoylchlorid einwirken läßt, während man sowohl den Leimzucker wie Benzoylchlorid aus den Grundstoffen darstellen kann. Wir haben schon oben †††) erfahren, wie man von Kohlen- und Wasserstoff durch Vermittlung des Qualmgases §) zum Benzol aufsteigt. Im Benzol läßt sich aber Ein Atom Wasserstoff durch eine aus je Einem Atom Kohlenstoff, Sauerstoff und Chlor bestehende Gruppe ersetzen, wenn man eine um Ein Chloratom reichere Gruppe, das sogenannte

*) Hippursäure.
**) Kreatin.
***) Neurin.
†) Glycin, Glycocoll.
††) Glycerin.
†††) S. 277 und 282 des ersten Bandes.
§) Acetylen.

Carbonylchlorid, auf Benzol einwirken läßt, wobei Benzoylchlorid gebildet wird.*) Carbonylchlorid oder Chlorkohlensäure entsteht unter Einwirkung des Sonnenlichts aus trocknem Chlorgas und trocknem Kohlenoxyd. Leimzucker erhält man durch Erwärmung von Einfachchloressigsäure mit Ammoniak**), und in der wässrigen Auflösung von Leimzucker löst sich Zinkoxyd auf, in der Weise, daß Ein Atom Wasserstoff des Leimzuckers durch Ein Atom Zink vertreten wird. Aber Benzoylchlorid und Zinkleimzucker, sogenanntes amidoessigsaures Zink, sind die Bausteine der Pferdeharnsäure.***)

Fleischstoff, den wir früher als ein Erzeugniß der Rückbildung im Fleische kennen lernten, läßt sich durch eine Verbindung zweier organischer Stoffe herstellen, des Cyanamids und des Sarkosins, die beide aus den Grundstoffen aufgebaut werden können.†) Auf dem kürzesten Wege gelangt man zum Cyanamid, da es durch Einwirkung von Ammoniak auf Chlor-

---

*) Benzol + Carbonylchlorid = Benzoylchlorid + Salzsäure

$$C_6H_6 + COCl_2 = C_6H_5(COCl) + HCl.$$

**) Einfachchloressigsäure + Ammoniak = Leimzucker (Glycin) + Salzsäure

$$C_2H_3ClO_2 + NH_3 = C_2H_5NO_2 + HCl.$$

***) Zinkleimzucker + Benzoylchlorid = Pferdeharnsäure + Chlorzink

$$C_2H_4ZnNO_2 + C_7H_5ClO = C_9H_9NO_3 + ZnCl.$$

†) Cyanamid + Sarkosin = Fleischstoff (Kreatin)

$$CH_2N_2 + C_3H_7NO_2 = C_4H_9N_3O_2.$$

cyan gebildet wird*), während letzteres unmittelbar aus Chlor und Blausäure hervorgeht**), deren Bildung wir sogleich auf einer Uebergangsstufe zum Sarkosin begegnen werden. Um letzteres darzustellen, geht man zunächst darauf aus, Qualmgas zu gewinnen. Es entsteht, wenn man einen Wasserstoffstrom auf Kohle lenkt, die im elektrischen Bogen glühend geworden. Blausäure entsteht aus Qualmgas und Stickstoff, wenn man durch ein Gemenge beider eine Reihe elektrischer Funken schlagen läßt, nachdem man das Gemenge mit Wasserstoff verdünnt hat, um die Ausscheidung von Kohlenstoff zu verhüten. Mit Hülfe der Blausäure gelangt man um eine Stufe höher, wenn man sie mit Wasserstoff zu Methylamin verbindet, wozu der Wasserstoff im Augenblick seines Freiwerdens benützt werden muß, indem man Blausäure mit Zink in verdünnter Salzsäure zusammenbringt. Methylamin aber verbindet sich mit Chloressigsäure zu Sarkosin.***)

---

*) Ammoniak + Chlorcyan = Cyanamid + Salzsäure.

$$H_3N + CNCl = CH_2N_2 + HCl.$$

**) Blausäure + Chlor = Chlorcyan + Salzsäure

$$CHN + 2Cl = CNCl + HCl.$$

***) Kohlenstoff + Wasserstoff = Qualmgas (Acetylen)

$$C_2 + H_2 = C_2H_2,$$

Qualmgas (Acetylen) + Stickstoff = Blausäure (Cyanwasserstoff)

$$C_2H_2 + 2N = 2CHN,$$

Blausäure + Wasserstoff = Methylamin

$$CHN + 4H = CH_5N,$$

Methylamin + Chloressigsäure = Sarkosin + Salzsäure

$$CH_5N + C_2H_3ClO_2 = C_3H_7NO_2 + HCl.$$

Um es übersichtlich zu wiederholen, Blausäure bildet in doppelter Weise den Ausgangspunkt, um zum Fleischstoff aufzusteigen, indem sie uns einmal zum Chlorcyan, das andere Mal zum Methylamin führt. Chlorcyan mit Ammoniak liefert dann Cyanamid, Methylamin mit Chloressigsäure das Sarkosin. Aber Cyanamid und Sarkosin sind fertige Bausteine, die sich zu Fleischstoff in einander fügen.*)

Gegner der Natureinheit, die bis hierher meiner Darstellung gefolgt sind, werden nicht ermangeln einzuwerfen, daß es sich in allen diesen Beispielen um Erzeugnisse der Rückbildung handelt. Harnstoff und Pferdeharnsäure, Leimzucker, Fleischstoff, das seien eben alles Körper, deren Bildung der Scheidekünstler der abbrechenden Thätigkeit der lebenden Organismen habe ablauschen können. Damit sei noch kein Schritt zur Erkenntniß des Aufbaus jener verwickelten Massentheilchen gethan, mit deren Hülfe der lebendige Leib seine Gewebe spinnt.

Aber der Genugthuung, mit der sie diese Einwürfe vorbringen, ist keine lange Dauer zu versprechen. Zunächst hat der Chemiker, der in seiner jetzigen Blüthezeit besser Bindekünstler als Scheidekünstler hieße, jene Gallenpaarlinge, den geschwefel-

*) Vergleiche die letzte Note auf Seite 51.

ten wie schwefelfreien, die wichtigsten Harnbestandtheile, Fleischstoff, Milchsäure, und so viele andere, nicht als Ergebnisse der Zersetzung höher zusammengesetzter Verbindungen erhalten, wobei ihm die Vorgänge des Lebens als Führer gedient hätten. Er ist vielmehr schrittweise von den Grundstoffen zu den Verbindungen, von einfachen zu zusammengesetzten Verbindungen aufgestiegen, um uns in dem geschwefelten Gallenpaarling, der aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel besteht, ein organisches Massentheilchen vorzulegen, welches ohne Zweifel den eiweißartigen Baustoffen unseres Körpers schon weit näher steht, als den Elementen, aus denen es selbst hervorging.

Was aber die Wissenschaft mit diesen Beispielen versprach, sie hat es in ermuthigender Weise gehalten. Die Vorstellung von Bauformeln für die organischen Massentheilchen ist in so vielen Fällen eine Wahrheit geworden, daß sie wie ein Baum mit seinen Wurzeln die Grenzmauer zwischen organischen und unorganischen Körpern unterwühlt und an mehr als einer Stelle in die geheime Werkstätte des Lebens vorgedrungen ist.

Einer der allerverwickeltsten Stoffe unseres Körpers, das Dotterfett*), das uns im Eidotter einen

*) Lecithin.

der wichtigsten Bestandtheile des Hirns, des Rückenmarks, der Nerven und der Blutkörperchen vorgebildet zeigt, kann uns als Beispiel dienen.

Wenn dieses Dotterfett, das Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Phosphor enthält, mit Säuren oder Basen gekocht wird, dann zerfällt es in fette Säuren, in Phosphorglycerinsäure und eine stickstoffhaltige leicht zerfließliche Basis, die ich oben als Nervenbasis*) bezeichnete. Auch diese Zerlegung ist, wie ihre Gleichung lehrt, ein Beispiel der sogenannten Wasserspaltung**). Der Phosphor des Dotterfetts geht in der Phosphorglycerinsäure, sein Stickstoff in der Nervenbasis auf.

Zwei der Spaltlinge des Dotterfetts, die Nervenbasis und die Phosphorglycerinsäure, haben wir aus den Grundstoffen aufbauen gelernt, und für die fetten Säuren mit hohem Kohlenstoffgehalt, die aus seiner Zerlegung hervorgehen, sind wir auf dem besten Wege, es zu lernen.

Die Nervenbasis ist aus einem Körper zu erhalten, den Strecker zuerst aus Schweinegalle dar-

---

*) Neurin.

**) Lecithin, Wasser, Oelsäure, Palmfettsäure (Palmitinsäure), Phosphorglycerinsäure, Nervenbasis (Neurin)

$$C_{42}H_{84}NPO_9 + 2H_2O = C_{18}H_{34}O_2 + C_{16}H_{32}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO.$$

stellte und Cholin *) genannt hat. Dieses Cholin enthält Ein Molecül Wasser mehr als die Nervenbasis **), und man kann ihm dieses Eine Molecül Wasser entziehen, wenn man es erst mit Jodwasserstoff und die aus der Einwirkung dieses Körpers hervorgegangene Jodverbindung mit Silberoxyd behandelt (Baeyer.) ***) Mit anderen Worten, vom Cholin aus kann man zum Neurin gelangen.

Aber das Cholin selbst läßt sich aus den Elementen darstellen. Beim bloßen Erwärmen zerfällt es in das Oxyd des ölbildenden Gases †) und jene zusammengesetzte Abart des Ammoniaks, in der die drei Atome Wasserstoff durch den Kohlenwasserstoff Methyl vertreten sind. ††). Und umgekehrt wird durch die Verbindung dieser beiden Stoffe das Cholin wiederhergestellt, wenn man eine gesättigte Lösung von Tri-

---

*) Bilineurin, Sinkalin. Man hat das Neurin anfangs vom Cholin nicht zu unterscheiden gewußt. Hiernach ist die dritte Note auf Seite 314 des ersten Bandes zu verbessern.

**)

Cholin		Wasser		Nervenbasis (Neurin)
$C_5H_{15}NO_2$	$-$	H_2O	$=$	$C_5H_{13}NO.$

***)

Cholin		Jodwasserstoff		Trimethyljodäthylammoniumjodür		Wasser
$C_5H_{15}NO_2$	$+$	$2HJ$	$=$	$C_5H_{13}NJ_2$	$+$	$2H_2O,$
Trimethyljodäthylammoniumjodür		Silberoxyd		Neurin		Jodsilber
$C_5H_{13}NJ_2$	$+$	Ag_2O	$=$	$C_5H_{13}NO$	$+$	$2AgJ.$

†) Aethylenoxyd.

††) Trimethylamin.

methylamin mit dem Oxyd des ölbildenden Gases vermischt.*) (Baeyer.)

Um also die Nervenbasis künstlich darzustellen, brauchen wir nur das Aethylenoxyd und Trimethylamin aus den Elementen aufzubauen.

Für beide Körper ist das ölbildende Gas der Ausgangspunkt, und wir erhalten es bekanntlich aus Qualmgas, das wir aus Kohlenstoff und Wasserstoff darstellen können, wenn man dieses mit Wasserstoff dunkler Rothglühhitze aussetzt.

Der Weg vom ölbildenden Gase zu seinem Oxyde ist verhältnißmäßig kurz. Mit unterchloriger Säure verbindet es sich zu Aethylenchlorhydrat, und dieses mit Aetzkali behandelt liefert das Oxyd des ölbildenden Gases oder Aethylenoxyd.**)

Viel länger und mittelbarer ist der Weg vom ölbildenden Gase zum Trimethylamin. Erst wird das ölbildende Gas an Wasserstoff bereichert, um Sumpfgas zu gewinnen, und man erzielt dies, indem man bei Rothglühhitze Wasserstoff und ölbildendes Gas

---

*)

Oxyd des ölbildenden Gases (Aethylenoxyd)		Trimethylamin		Wasser		Cholin
C_2H_4O	$+$	C_3H_9N	$+$	H_2O	$=$	$C_5H_{15}NO_2$.

**)

Oelbildendes Gas (Aethylen)		Unterchlorige Säure		Aethylenchlorhydrat
C_2H_4	$+$	$HClO$	$=$	C_2H_5ClO,

Aethylenchlorhydrat		Aetzkali		Aethylenoxyd		Chlorkalium		Wasser
C_2H_5ClO	$+$	KHO	$=$	C_2H_4O	$+$	KCl	$+$	H_2O.

auf einander einwirken läßt.*) Sumpfgas mit Chlor behandelt giebt Methylchlorür.**) Aetzkali oder Kalihydrat verwandelt Methylchlorür in Holzgeist oder Methylalkohol, der mit Jod in Gegenwart von Phosphor Jodmethyl oder Methyljodür wird.***) Wird nun endlich Methyljodür mit alkoholischer Ammoniaklösung erwärmt, dann entsteht Trimethylamin†) neben anderen Verbindungen††), von denen man es durch besondere Kunstgriffe sondern kann.

Thrimethylamin und Aethylenoxyd sind die Baustoffe, welche Baeyer zu Cholin zusammen zu paaren verstand, sowie es derselbe Forscher dahin brachte, dem Cholin ohne tiefe Erschütterung seines Gefüges das Wassermölecül zu entziehen, das es von der Nervenbasis oder dem Neurin unterscheidet.

---

*) Oelbildendes Gas (Aethylen) — Wasserstoff — Sumpfgas (Methylwasserstoff) — Qualmgas (Acetylen)

$$2C_2H_4 + 2\,H = 2CH_4 + C_2H_2.$$

**) Sumpfgas (Methylwasserstoff) — Chlor — Methylchlorür — Salzsäure

$$CH_4 + 2Cl = CH_3Cl + HCl.$$

***) Methylchlorür — Kalihydrat — Methylalkohol (Holzgeist) — Chlorkalium

$$CH_3Cl + KHO = CH_4O + KCl,$$

Holzgeist (Metylalkohol) — Jod — Phosphor — Jodmethyl — Phosphorsäure — Wasser

$$5CH_4O + 5J + P = 5CH_3J + H_3PO_4 + H_2O.$$

†) Methyljodür — Ammoniak — Trimethylamin — Jodwasserstoff

$$3CH_3J + H_3N = C_3H_9N + 3HJ.$$

††) Methylamin, Dimethylamin und Tetramethylammoniumjodid.

Somit hat die Forschung unserer Tage das Neurin aus den Grundstoffen dargestellt.

Ein Gleiches hat die Wissenschaft für die Phosphorglycerinsäure bewerkstelligt, die durch Auflösen von geschmolzener Phosphorsäure in Oelsüß oder Glycerin entsteht.*)

Bisher haben wir vom Oelsüß nur erfahren, daß es durch Wasserspaltung aus den natürlichen Fetten neben fetten Säuren gewonnen wird. Aber es ist auch gelungen, das Oelsüß aus den Grundstoffen zu entwickeln.

Man geht dazu vom Sumpfgas aus, dessen künstliche Darstellung wir kennen. In der Rothglühhitze verdichtet es sich, unter Entbindung von Wasserstoff zu Propylen.**) Dieses verbindet sich mit Brom zu Propylenbromid.***) Durch verlängerte Einwirkung einer alkoholischen Lösung von Kalihydrat bei 100° im zugeschmolzenen Rohre läßt sich das Propylenbromid zugleich an Wasserstoff verarmen und seines Broms berauben, wodurch es in Allylen verwandelt wird.†) Mit Jodwasserstoff verbindet sich Allylen zu Allyl-

---

*) Glycerin + Metaphosphorsäure = Phosphorglycerinsäure
$C_3H_8O_3 + HPO_3 = C_3H_9PO_6$.

**) Sumpfgas − Wasserstoff = Propylen
$3CH_4 - 6H = C_3H_6$.

***) Propylen + Brom = Propylenbromid
$C_3H_6 + 2\,Br = C_3H_6Br_2$.

†) Propylenbromid + Kalihydrat = Allylen + Bromkalium + Wasser
$C_3H_6Br_2 + 2KHO = C_3H_4 + 2KBr + 2H_2O$.

jodür.*) Das Jod in diesem Körper läßt sich durch Brom verdrängen, und das dadurch entstehende Allylbromür an Brom bereichern. So gelangen wir zum Allyltribromid.**) Es kommt nur noch darauf an, in diesem Allyltribromid an die Stelle der drei Atome Brom drei Massentheilchen Essigsäure zu bringen, dann erhalten wir Essigsäureglycerid, das heißt eine gepaarte Verbindung von Glycerin mit drei Molecülen Essigsäure, die in demselben Grade, wie die Essigsäure den fetten Säuren, den natürlichen Fetten ähnlich ist. Dies gelingt, wenn man das Allyltribromid mit essigsaurem Silber behandelt.***) Aus dem so gewonnenen Essigsäureglycerid wird nun durch Kalihydrat, unter Bildung von essigsaurem Kali, das Glycerin oder Oelsüß abgeschieden.†)

Also können wir, ohne aus irgend einem lebenden Körper zu schöpfen, Glycerin und Phosphorglycerinsäure bauen.

---

*)	Allylen		Jodwasserstoff		Allyljodür		
	C_3H_4	$+$	HJ	$=$	$C_3H_5J.$		
**)	Allyljodür		Brom		Allylbromür		Jod
	C_3H_5J	$+$	Br	$=$	C_3H_5Br	$+$	$J,$
	Allylbromür		Brom		Allyltribromid		
	C_3H_5Br	$+$	$2\ Br$	$=$	$C_3H_5Br_3.$		
***)	Allyltribromid		Essigsaures Silber		Essigsäureglycerid		Bromsilber
	$C_3H_5Br_3$	$+$	$3C_2H_3O_2Ag$	$=$	$C_3H_5(3C_2H_3O_2)$	$+$	$3AgBr.$
†)	Essigsäure-glycerid		Kalihydrat		Oelsüß (Glycerin)		Essigsaures Kali
	$C_3H_5(3C_2H_3O_2)$	$+$	$3KHO$	$=$	$C_3H_8O_3$	$+$	$3C_2H_3O_2K.$

Dem Dotterfett hätten wir uns hiermit von zwei Seiten genähert. Wir wissen uns zwei seiner Bautheile, den stickstoffhaltigen und den phosphorhaltigen, aus der anorganischen Natur zu beschaffen, die Nervenbasis und die Phosphorglycerinsäure. Und dieser Fortschritt ist um so mehr verheißend, als es sich um einen der höchst zusammengesetzten Körper des Hirns und Bluts, des Eies wie des Samens handelt.

Freilich fehlen uns noch die fetten Säuren, die bei der Wasserspaltung des Dotterfetts neben Neurin und Phosphorglycerinsäure auftreten, und die nach Strecker's wichtiger Entdeckung verschiedene sein können, entweder Talgsäure, Palmfettsäure oder Oelsäure allein, oder auch zwei derselben neben einander.

Dies ist aber darum so bezeichnend, weil es uns lebhaft an das Gefüge der natürlichen Fette, der sogenannten Neutralfette erinnert, von denen wir mehr als eines künstlich darzustellen wissen, und die wir alle aus den Elementen aufzubauen vermöchten, wenn die Gewinnung aller fetten Säuren aus den Grundstoffen bereits erzielt wäre.

Hier stehen wir vor einer Schranke, aber die Schranke ist eine lockend erleuchtete Glasthür.

Um dieses Bild zu rechtfertigen, ist es nöthig, auf die Natur der fetten Säuren, die man zunächst bei der Verseifung der Neutralfette hat kennen lernen, etwas näher einzugehen.

Sie alle enthalten zwei Atome Sauerstoff, aber eine sehr verschiedene Menge Kohlen- und Wasserstoff. Gemeinsam ist ihnen aber wieder, daß sie immer doppelt so viel Atome Wasserstoff als Kohlenstoff enthalten. Folglich ist die Atomzahl des Wasserstoffs immer eine gerade Zahl. Man hat deren nach und nach so viele kennen lernen, daß eine regelmäßige Reihe aufgestellt werden kann, von denen die kohlenstoffarmste nur 1, die kohlenstoffreichste 30 Atome Kohlenstoff enthält, und zwar steigt man in einer langen Strecke der Reihe von der an Kohlenstoff und Wasserstoff ärmeren zu der nächstreicheren um je 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Wasserstoff auf. Da nun in einer größeren Anzahl von Eigenschaften dieselbe Aehnlichkeit herrscht, welche die Zusammensetzung der fetten Säuren auszeichnet, so liegt hier eine der ausgeprägtesten Reihen gleichartiger*) Verbindungen vor. Auf das Bestehen solcher Reihen gleichartiger Verbindungen hatte zuerst der Heidelberger Chemiker Schiel, im Jahre 1842, aufmerksam gemacht. Die Reihe der fetten Säuren hat in demselben Jahre der berühmte französische Chemiker Dumas ans Licht gezogen, der für seine Betrachtungen sogleich eine große Theilnahme zu erregen wußte. In dieser Dumas'schen Reihe sind bisher folgende Glieder bekannt.

*) Homologe Verbindungen. Gerhardt.

Name	Formel	Siedepunkt	Erstarrungspunkt	Schmelzpunkt
Ameisensäure	$C\ H_2\ O_2$	105°	— 1°	
Essigsäure	$C_2\ H_4\ O_2$	118°	+ 16°	
Propionsäure	$C_3\ H_6\ O_2$	140°		
Buttersäure	$C_4\ H_8\ O_2$	157°		
Valeriansäure	$C_5\ H_{10}\ O_2$	175°		
Capronsäure	$C_6\ H_{12}\ O_2$	203°	— 10°	
Oenanthylsäure	$C_7\ H_{14}\ O_2$	223°	— 10,5°	
Caprylsäure	$C_8\ H_{16}\ O_2$	236°	+ 9°	13°
Pelargonsäure	$C_9\ H_{18}\ O_2$	250°		10°
Caprinsäure	$C_{10}\ H_{20}\ O_2$	264°		27°
. . . . . .				
Laurinsäure	$C_{12}\ H_{24}\ O_2$			43,6°
. . . . . .				
Myristinsäure	$C_{14}\ H_{28}\ O_2$			$53{,}8_0$
. . . . . .				
Palmitinsäure	$C_{16}\ H_{32}\ O_2$			62°
Margarinsäure	$C_{17}\ H_{34}\ O_2$			60°
Stearinsäure	$C_{18}\ H_{36}\ O_2$			69,2°
. . . . . .				
Arachinsäure	$C_{20}\ H_{40}\ O_2$		73,5°	75°
. . . . . .				
Behensäure	$C_{22}\ H_{44}\ O_2$			76°
. . . . . .				
Hyaenasäure	$C_{25}\ H_{50}\ O_2$			
. . . . . .				
Cerotinsäure	$C_{27}\ H_{54}\ O_2$			78°
. . . . . .				
Melissinsäure	$C_{30}\ H_{60}\ O_2$			88°

Von der Ameisensäure bis zur Ziegensäure*), d. h. die kohlenstoffärmeren unter den fetten Säuren, sind sie bei gewöhnlichen Wärmegraden flüchtig. Je reicher sie an Kohlenstoff sind, desto höher liegt ihr Siedepunkt, ohne daß jedoch die Zahlen für den Kohlenstoffgehalt und den Siedepunkt ein regelmäßiges Wachsthum zeigen. Die meisten dieser flüchtigen fetten Säuren erstarren bei einem Wärmegrad, der mehr oder weniger tief unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegt. Für die Lehre vom Leben haben die flüchtigen fetten Säuren die Bedeutung, daß sie aus der Rückbildung von kohlenstoffreicheren fetten Säuren sowohl wie aus der von eiweißartigen Körpern hervorgehen.

Die Ziegen- oder- Caprinsäure macht eigentlich schon den Uebergang zu den sogenannten festen fetten Säuren, da sie erst bei 27° schmilzt. Von der Laurinsäure, die in dem Lorbeeröl enthalten ist, bis zur Melissinsäure, die man aus Bienenwachs gewinnt, sind diese kohlenstoffreicheren Säuren einander so ähnlich, daß außer der Zusammensetzung hauptsächlich der Schmelzpunkt und die größere oder geringere Löslichkeit in Alkohol und Aether Anhaltspunkte zur Unterscheidung bieten. Hinsichtlich des Schmelzpunkts läßt sich eine ähnliche Regel aufstellen wie die für den Siedepunkt der kohlenstoffärmeren angeführte. Der

*) Caprinsäure.

Schmelzpunkt der fetten Säuren, die bei gewöhnlichen Wärmegraden fest sind, wächst nämlich mit dem Kohlenstoffgehalt; nur die Margarinsäure macht eine Ausnahme.

Unter den kohlenstoffreicheren fetten Säuren sind es besonders die Palmfett-*) und Talgsäure **), die an dem Aufbau der neutralen Fette der Pflanzen und Thiere betheiligt sind, so wie sie auch aus der Wasserspaltung gewisser Dotterfette hervorgehen. Ihre Darstellung aus den Grundstoffen wäre darum besonders erwünscht; wenn sie aber noch nicht gelungen ist, so ist doch der erste Schritt dazu geschehen. Wir verdanken ihn außer Berthelot, den beharrlichen Bemühungen von Piria und Limpricht, von Lieben und Rossi. Sie haben uns gelehrt in ganz methodischer Weise, Glied um Glied, von der Ameisensäure bis zur Önanthylsäure aufzusteigen, und da wir die Ameisensäure aus den Elementen künstlich aufbauen, wenn Kohlenoxyd und Kalihydrat bei 100° auf einander einwirken, so ist hiermit die künstliche Darstellung von sieben Gliedern der Dumas'schen Reihe verwirklicht.

Der planmäßige Weg, auf dem man von irgend

*) Palmitinsäure.

**) Stearinsäure.

einer dieser Säuren zur nächst kohlenstoffreicheren fortschreitet, ist im Wesentlichen folgender. Man destillirt das Kalksalz einer kohlenstoffärmeren fetten Säure mit ameisensaurem Kalk, und erhält so eine sauerstoffärmere Verbindung, welche ebenso viel Atome Kohlen- und Wasserstoff enthält, wie die ursprüngliche Säure, einen sogenannten Aldehyd. Ein solcher Aldehyd verbindet sich mit Wasserstoff, im Augenblicke in dem dieser frei wird, zu dem entsprechenden Alkohol. Der Alkohol aber, der noch immer nur so viel Kohlenstoffatome enthält wie die fette Säure, die als Ausgangspunkt gewählt worden, läßt sich in eine Cyanverbindung überführen, die schon die Anzahl Kohlenstoffatome der nächst kohlenstoffreicheren fetten Säure besitzt, und nur mit Kalihydrat erwärmt zu werden braucht, um unter Wasserspaltung eben jene kohlenstoffreichere fette Säure und Ammoniak zu liefern.

Im Einzelnen lassen sich die betreffenden Umwandlungen in folgender Weise erzielen.

Wenn man ameisensauren Kalk destillirt, gelangt man ohne Weiteres zu Methylalkohol, neben welchem kohlensaurer Kalk und Kohlenoxyd gebildet werden. Wirkt Jod bei Gegenwart von Phosphor auf Methylalkohol, dann erhält man Jodmethyl, und Jodmethyl mit Silbercyanür erhitzt giebt Cyanmethyl,

welches mit Aetzkali und Wasser behandelt in Ammoniak und Essigsäure aufgeht.*) Und so sind wir von den Grundstoffen ausgehend zur Ameisensäure gelangt, und ohne den Organismen etwas zu entlehnen von dieser zur Essigsäure aufgestiegen, die 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Wasserstoff mehr enthält, d. h. von CH_2O_2 zu $C_2H_4O_2$.

Destillirt man nun wieder, nach Piria und Limpricht, essigsauren Kalk mit ameisensaurem Kalk, dann erhält man den Aldehyd der Essigsäure, der gewöhnlich schlechtweg Aldehyd genannt wird. Mit Wasserstoff, der im Freiwerden begriffen ist, verbindet sich Aldehyd zu Alkohol. Aus dem Alkohol gewinnt man durch Vermischen mit Schwefelsäure Aethylschwefelsäure. Wenn man aber äthylschwefelsaures Kalium mit Cyankalium destillirt, dann gelangt man zum Aethylcyanür, d. h. zu der im Vergleich zur Essigsäure kohlenstoffreicheren Verbindung, die

---

*) Ameisensaurer Kalk — Methylalkohol — Kohlensaurer Kalk — Kohlenoxyd

$$2C_2H_2CaO_4 = CH_4O + 2CaCO_3 + CO,$$

Methylalkohol — Jod — Phosphor — Jodmethyl — Phosphorsäure — Wasser

$$5CH_4O + 5J + P = 5CH_3J + H_3PO_4 + H_2O,$$

Jodmethyl — Silbercyanür — Methylcyanür — Jodsilber

$$CH_3J + AgCN = C_2H_3N + AgJ,$$

Methylcyanür (Cyanmethyl) — Wasser — Ammoniak — Essigsäure

$$C_2H_3N + 2H_2O = H_3N + C_2H_4O_2.$$

mit Aetzkali erwärmt Ammoniak und Propionsäure liefert.*)

Wie man von der Essigsäure zur Propionsäure aufsteigt, in ähnlicher Weise gelangt man von dieser zur Buttersäure. Propionsaurer und ameisensaurer Kalk zusammen destillirt geben Propionaldehyd, dieser mit Wasserstoff im Augenblick seiner Entbindung Propylalkohol, von dem man durch Vermittlung des Propylcyanürs zur Buttersäure aufsteigt.**)

Und man ist noch weiter vorgegangen. Buttersaurer Kalk und ameisensaurer Kalk zusammen destil-

---

*) Essigsaurer Kalk + Ameisensaurer Kalk = Aldehyd + Kohlensaurer Kalk + Kohlenoxyd + Wasserstoff

$$C_4H_6CaO_4 + 2C_2H_2CaO_4 = 2C_2H_4O + 3CaCO_3 + CO + 2H,$$

Aldehyd + Wasserstoff = Alkohol

$$C_2H_4O + 2H = C_2H_6O,$$

Alkohol + Schwefelsäure = Aethylschwefelsäure + Wasser

$$C_2H_6O + H_2SO_4 = C_2H_6SO_4 + H_2O,$$

Aethylschwefelsaures Kalium + Cyankalium = Aethylcyanür + Schwefelsaures Kalium

$$C_2H_5SO_4K + KCN = C_3H_5N + K_2SO_4,$$

Aethylcyanür + Wasser = Ammoniak + Propionsäure

$$C_3H_5N + 2H_2O = H_3N + C_3H_6O_2.$$

**) Propionsaurer Kalk + Ameisensaurer Kalk = Propionaldehyd + Kohlensaurer Kalk

$$C_6H_{10}CaO_4 + C_2H_2CaO_4 = 2C_3H_6O + 2CaCO_3,$$

Propionaldehyd + Wasserstoff = Propylalkohol

$$C_3H_6O + 2H = C_3H_8O,$$

Propylalkohol + Jodwasserstoff = Propyljodür + Wasser

$$C_3H_8O + HJ = C_3H_7J + H_2O,$$

Propyljodür + Cyansilber = Propylcyanür + Jodsilber

$$C_3H_7J + AgCN = C_4H_7N + AgJ,$$

Propylcyanür + Wasser = Ammoniak + Buttersäure

$$C_4H_7N + 2H_2O = H_3N + C_4H_8O_2.$$

lirt liefern Butylaldehyd und kohlensauren Kalk. Mit frei werdendem Wasserstoff verbindet sich Butylaldehyd zu Butylalkohol, der mit Jod und Phosphor behandelt zu Butyljodür führt. Butyljodür und Cyankalium setzen sich um in Butylcyanür und Jodkalium. Und wenn man Butylcyanür mit Kalilauge erhitzt, erhält man Ammoniak und Baldriansäure.*)

Ein Schritt weiter führt uns zur Capronsäure. Er ist nicht bloß erdacht, sondern wirklich ausgeführt. Der Ausgangspunkt ist wieder der mit der Baldriansäure in den Kohlenstoffatomen übereinstimmende Aldehyd, der sogenannte Amylaldehyd. Man erhält ihn durch trockne Destillation des baldriansauren und ameisensauren Kalks. Wasserstoff, der sich eben aus einer Verbindung ausscheidet, vereinigt sich mit dem Amylaldehyd zu Amylalkohol. Letzterer mit Jod und Phosphor behandelt giebt Amyljodür, Phosphorsäure und Wasser. Vom Amyljodür gelangt man durch Erhitzen mit Cyansilber zu Amylcyanür, und

---

*) Buttersaurer Kalk + Ameisensaurer Kalk = Butylaldehyd + Kohlensaurer Kalk

$$C_8H_{14}CaO_4 + C_2H_2CaO_4 = 2C_4H_8O + 2CaCO_3,$$

Butylaldehyd + Wasserstoff = Butylalkohol

$$C_4H_8O + 2H = C_4H_{10}O,$$

Butylalkohol + Jod + Phosphor = Butyljodür + Phosphorsäure + Wasser

$$5C_4H_{10}O + 5J + P = 5C_4H_9J + H_3PO_4 + H_2O,$$

Butyljodür + Cyankalium = Butylcyanür + Jodkalium

$$C_4H_9J + KCN = C_5H_9N + KJ,$$

Butylcyanür + Wasser = Ammoniak + Baldriansäure

$$C_5H_9N + 2H_2O = H_3N + C_5H_{10}O_2.$$

dieses liefert auf dem bekannten Wege, mit Aetzkali erhitzt, Ammoniak und Capronsäure.*)

Wenn es aus rein chemischem Gesichtspunkt auf den Grundgedanken des Verfahrens zur künstlichen Darstellung fetter Säuren ankäme, dürfte es mit den angeführten Beispielen mehr als genug sein. Da es aber darum zu thun ist, ausdrücklich hervorzuheben, bis wohin die Aufgabe sich thatsächlich verwirklicht hat, so soll auch noch die künstliche Herstellung der Oenanthylsäure hier vorgeführt werden, obgleich sie in gar nichts Wesentlichem von der für die Capronsäure beschriebenen abweicht.

Capronsaurer Kalk mit ameisensaurem destillirt giebt Capronaldehyd, der sich mit frei werdendem Wasserstoff zu Capronalkohol verbindet. Mit Jod und Phosphor behandelt liefert der Capronalkohol Hexyljodür, dieses mit Cyankalium Hexylcyanür, und aus der Zersetzung von Hexylcyanür in alkoholischer

---

*)
$$\overset{\text{Baldriansaurer Kalk}}{C_{10}H_{18}CaO_4} + \overset{\text{Ameisensaurer Kalk}}{C_2H_2CaO_4} = \overset{\text{Amylaldehyd}}{2C_5H_{10}O} + \overset{\text{Kohlensaurer Kalk}}{2CaCO_3},$$
$$\overset{\text{Amylaldehyd}}{C_5H_{10}O} + \overset{\text{W.sserstoff}}{2H} = \overset{\text{Amylalkohol}}{C_5H_{12}O},$$
$$\overset{\text{Amylalkohol}}{5C_5H_{12}O} + \overset{\text{Jod}}{5J} + \overset{\text{Phosphor}}{P} = \overset{\text{Amyljodür}}{5C_5H_{11}J} + \overset{\text{Phosphorsäure}}{H_3PO_4} + \overset{\text{Wasser}}{H_2O},$$
$$\overset{\text{Amyljodür}}{C_5H_{11}J} + \overset{\text{Cyansilber}}{AgCN} = \overset{\text{Amylcyanür}}{C_6H_{11}N} + \overset{\text{Jodsilber}}{AgJ},$$
$$\overset{\text{Amylcyanür}}{C_6H_{11}N} + \overset{\text{Wasser}}{2H_2O} = \overset{\text{Ammoniak}}{H_3N} + \overset{\text{Capronsäure}}{C_6H_{12}O_2}.$$

Lösung mit Aetzkali gehen Ammoniak und die gewünschte Oenanthylsäure hervor.*)

Hier sind wir freilich bei dem vorläufig erreichten Ziele angelangt. Von der Ameisensäure sind wir Schritt vor Schritt, von den Elementen ausgehend, bis zur Oenanthylsäure aufgestiegen. Wer aber in das Werden der organischen Verbindungen nur einigermaaßen eingeweiht ist, wird leicht zugeben, daß wir uns hiermit den kohlenstoffreichsten fetten Säuren des Wachses noch mehr genähert haben, als wir uns von den unverbundenen Grundstoffen entfernten, mit anderen Worten, wir können es nicht bezweifeln, daß wir dem erstrebten Ziele näher sind als dem Ausgangspunkt.

Einstweilen wissen wir schon, daß die freien fetten Säuren, die noch nicht künstlich aus den Elementen aufgebauten sowohl wie die bereits aus den Grundstoffen dargestellten, sich mit Oelsüß oder Gly-

---

*)

Capronsaurer Kalk		Ameisensaurer Kalk		Capronaldehyd		Kohlensaurer Kalk
$C_{12}H_{22}CaO_4$	+	$C_2H_2CaO_4$	=	$2C_6H_{12}O$	+	$2CaCO_3$,

Capronaldehyd		Wasserstoff		Capronalkohol (Hexylalkohol)
$C_6H_{12}O$	+	2H	=	$C_6H_{14}O$,

Hexylalkohol		Jod		Phosphor		Hexyljodür		Phosphorsäure		Wasser
$5C_6H_{14}O$	+	5J	+	P	=	$5C_6H_{13}J$	+	H_3PO_4	+	H_2O,

Hexyljodür		Cyankalium		Hexylcyanür		Jodkalium
$C_6H_{13}J$	+	KCN	=	$C_7H_{13}N$	+	KJ,

Hexylcyanür		Wasser		Ammoniak		Oenanthylsäure
$C_7H_{13}N$	+	$2H_2O$	=	H_3N	+	$C_7H_{14}O_2$.

cerin zu den neutralen Fetten zusammensetzen lassen, die bei der Gewebebildung, ganz besonders im Nervensystem, eine so große Rolle spielen.

Die neutralen Fette der Pflanzen wie der Thiere sind nämlich Glycerinverbindungen der fetten Säuren, die mit zusammengesetzten Aetherarten verglichen werden, in ähnlicher Weise wie man das Glycerin selbst als einen Alkohol betrachtet.

Schon vor vielen Jahren haben Pelouze und Gélis gezeigt, daß sich Buttersäure und Oelsüß unter der Einwirkung von Schwefelsäure zu Butyrin, einem der in der Butter enthaltenen Fette, verbinden.

Allein das so gewonnene Butyrin war nicht rein. Es enthielt noch Schwefelsäure. Ueberdies war durch die Versuche von Pelouze und Gélis keine Einsicht in das Wesen des Vorgangs bei jener Verbindung von Buttersäure und Oelsüß gewonnen.*)

Da zeigte Berthelot im Jahre 1854, daß man ganz allgemein die fetten Säuren mit Oelsüß verbinden kann, wenn sie nur bei erhöhter Wärme hinlänglich lange Zeit auf einander einwirken. Gedeiht die Verbindung zu dem Punkte, daß je Einem Molecül Glycerin drei Molecüle der fetten Säure entsprechen, dann ist ein Fett gebildet, wie es in der Natur vor-

*) Berthelot, La synthèse chimique, 2e édition, Paris 1876, p. 183.

handen ist. Man bezeichnet deshalb die natürlichen Fette als Triglyceride der betreffenden fetten Säuren: Tributyrin, Tricapronin, Tristearin, u. s. w.

Bei der Bildung der zusammengesetzten Aetherarten, die wir neutrale Fette nennen, handelt es sich aber nicht um eine einfache Verbindung der betreffenden fetten Säure mit Glycerin, in welcher die beiden organischen Stoffe ganz aufgingen, sondern es findet dabei eine Abspaltung von Wasser statt, und zwar von eben so vielen Molecülen Wasser als Molecüle der fetten Säure an dem Aufbau des neutralen Fettes betheiligt sind. Es treten also drei Molecüle Wasser aus der Buttersäure und dem Oelsüß aus, wenn diese sich zu dem natürlichen Butterfett verbinden. Neben Tributyrin werden drei Molecüle Wasser gebildet.*)

Da wir nun oben gesehen haben, daß wir das Oelsüß aus den Elementen künstlich bereiten können, so ergiebt sich, daß wir alle neutralen Fette oder zusammengesetzten Glycerinäther aus den Grundstoffen aufzubauen im Stande wären, wenn die künstliche Darstellung aller freien fetten Säuren verwirklicht wäre.

---

*) Buttersäure + Glycerin — Wasser = Tributyrin

$$3C_4H_8O_2 + C_3H_8O_3 - 3H_2O = C_{15}H_{26}O_6,$$

oder:

Buttersäure + Glycerin = Tributyrin + Wasser

$$3C_4H_8O_2 + C_3H_8O_3 = C_{15}H_{26}O_6 + 3H_2O.$$

Für Tributyrin und Tricapronin, die beide in der Milch enthalten sind und zu den eigenthümlichsten Bestandtheilen der Butter gehören, ist die Aufgabe gelöst.

Wer wollte es wagen, dem Naturforscher ein „bis hierher und nicht weiter!" zu weissagen? Keiner jedenfalls von denen, die durch das Schicksal solcher Weissagungen gewitzigt sind. Wer es in Frankreich wagte, sich in dieser Weise als beschränkenden Propheten aufzuwerfen, müßte befürchten, daß, während er spricht, ein Forscher über dem Kanal sein Wort durch eine Thatsache besiegte.

Es wurde oben berichtet, wie Pasteur die Traubensäure als eine Verbindung von rechtsdrehender und linksdrehender Weinsäure erkannt hat, zweier Säuren, deren halbwüchsige Krystallformen sich dadurch auszeichnen, daß die eine wie das Spiegelbild der anderen erscheint. Pasteur machte nun vor einiger Zeit darauf aufmerksam, daß es nicht gelungen wäre, solche unsymmetrische Körper aus Stoffen herzuleiten, die es selbst nicht wären. Aber das Wort des glücklich begabten Forschers hatte noch nicht ausgetönt, als Perkin und von Dupa verkündeten, daß sie die Bernsteinsäure in Weinsäure verwandelt hätten. Pasteur selber erkannte diese Weinsäure als ein Gemenge von Traubensäure mit unwirksamer Weinsäure, und da die Traubensäure aus rechtsdre-

hender und linksdrehender Weinsäure besteht, so waren also auch die beiden letztgenannten aus Bernsteinsäure hervorgegangen. Die Bernsteinsäure, mit welcher Perkin und von Dupa gearbeitet hatten, war nun zwar nicht aus den Elementen aufgebaut, sondern aus Bernstein erhalten. Wir haben aber gleichfalls oben erfahren*), wie aus der Verbindung des ölbildenden Gases mit Cyan**), die beide aus den Grundstoffen zu beschaffen sind, Bernsteinsäure auch künstlich gewonnen werden kann, und es ist Jungfleisch auch mit solcher künstlich dargestellten Bernsteinsäure gelungen, sie in Traubensäure zu verwandeln.***) Somit ist denn auch hier eine Schranke gefallen.

Wenn aber die Pflanze leben kann von Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salzen, wenn wir organische Stoffe, stickstoffhaltige und stickstofffreie, Leimzucker und Butterfett, den geschwefelten Gallen-

---

*) Seite 277, 278.

**) Aethylencyanid.

***) P. Schützenberger, Les fermentations, Paris 1875, p. 5, 6.

paarling und Oelsüß, Fleischstoff und Neurin, Pferdeharnsäure und Harnstoff so gut wie Phosphorglycerinsäure, Weinsäure, Bernsteinsäure oder Kleesäure, auf künstlichem Wege aus den Grundstoffen darstellen können, dann ist es allseitig festgestellt, daß organische und organisirte Stoffe aus anorganischen Grundstoffen und anorganischen Verbindungen hervorgehen.

Nun aber ist die Kraft eine Eigenschaft des Stoffs. Eine Kraft, die nicht an den Stoff gebunden wäre, die frei über dem Stoff schwebte und sich beliebig mit dem Stoff vermählen könnte, ist eine ganz leere Vorstellung. Dem Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, dem Schwefel und Phosphor wohnen ihre Eigenschaften von Ewigkeit ein.

Also können sich die Eigenschaften des Stoffs, wenn er in die Zusammensetzung von Pflanzen und Thieren eingeht, nicht verändern. Die Annahme einer besonderen Lebenskraft erweist sich dadurch als völlig nichtig.

Wer von einer Lebenskraft redet, von einer typischen Kraft, oder wie man sonst den Namen verändern möge, der ist genöthigt, eine Kraft ohne Stoff anzunehmen. Aber eine Kraft ohne stofflichen Träger ist eine durchaus wesenlose Vorstellung, ein sinnloser abgezogener Begriff.

Der einzige Grundunterschied zwischen organischer

und anorganischer Materie besteht darin, daß der organische Stoff eine weit mehr zusammengesetzte Mischung besitzt. So wie der Stoff einen bestimmten Grad zusammengesetzter Mischung erreicht hat, entsteht mit der organisirten Form die Verrichtung des Lebens. Die Erhaltung jenes Mischungszustandes bei fortwährendem Wechsel der Stoffe bedingt das Leben der Einzelwesen.

Jene Eigenthümlichkeit der Zusammensetzung ist nicht etwa Ausfluß einer besonderen Verwandtschaft der Grundstoffe, die denselben außer dem Leben fehlte. Nur der Zustand der Verbindung, Wärme und Licht, Luftdruck und Bewegung in meßbaren Entfernungen sind verschieden, die oben umschriebenen Umstände sind abweichend, unter welchen die Verwandtschaft sich äußert, die von Ewigkeit her dem Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, dem Schwefel, dem Phosphor innewohnt.

Glühendes Platin vermag Wasser zu zersetzen, die Pflanze leistet dasselbe. Die Pflanze verdichtet Kohlensäure ähnlich wie ein Druck von sechsunddreißig Atmosphären. Es sind nur die Umstände, die Art und Richtung der Bewegung, die dem Stoff vom Stoffe mitgetheilt wird, welche die Erzeugnisse der in den Elementen thätigen Verwandtschaft bestimmen.

Darum geben uns die Vorgänge, die wir in Becher=

gläsern und Tiegeln beobachten, so manchen Aufschluß über das Leben. Viele Chemiker behaupten beinahe in Einem Athem, diese oder jene Umwandlung organischer Stoffe sei im Organismus nicht anzunehmen, weil sie im Laboratorium nicht gelungen sei, und umgekehrt, eine im Laboratorium mögliche Veränderung sei deshalb nicht auch im Organismus möglich. Jene Annahme und diese Möglichkeit sind jedoch immer denkbar und werden sehr oft verwirklicht.

In den allermeisten Fällen vermag der Organismus wenigstens ebensoviel wie Kolben und Retorten, nicht selten mehr. Wie sich mit Bezug auf die Geologie der Tiegel des Chemikers zur großen, nimmer ruhenden Werkstatt der Natur verhält, so in den physiologischen Erscheinungen die Kunstgriffe des Laboratoriums zu der unaufhörlich strömenden Bewegung des Lebens. Und eben der Umstand, daß der Organismus Verbindungen und Zersetzungen bewirkt, die wir bis jetzt auf künstliche Weise nicht nachzuahmen vermögen, ist ein deutlicher Beweis für die Möglichkeit, daß die Stetigkeit des lebendigen Stoffwechsels mit scheinbar geringeren Mitteln häufig die Macht der Eingriffe aufwiegt, welche im Laboratorium auf eine kurze Spanne Zeit beschränkt bleibt.

Man beruft sich zur Vertheidigung einer eigenen Lebenskraft immer und immer wieder darauf, daß

wir kein Thier und keine Pflanze zu machen vermögen. Sind wir denn immer im Stande, ein zusammengesetztes Mineral nach Belieben zu erzeugen, wenn wir seine Mischung auch noch so vollkommen kennen? Und doch schreibt Niemand dem Berge Lebenskraft zu. Die Aufgabe, welche von Laien so oft mit stolzer Zuversicht dem Naturforscher gestellt wird, die Aufgabe den Homunculus zu machen, begründet gegen die Verwerfung der Lebenskraft auch nicht den Schatten eines Einwurfs. Wenn wir Licht und Wärme und Luftdruck ebenso beherrschen könnten, wie die Gewichtsverhältnisse des Stoffs, dann würden wir nicht nur viel öfter als jetzt im Stande sein, organische Verbindungen zu mischen, wir würden auch die Bedingungen zur Entstehung organisirter Formen erfüllen können.

Wenn es bis jetzt nicht noch häufiger gelingt, organische Stoffe aus den Elementen oder wenigstens aus einfachen anorganischen Verbindungen aufzubauen, so liegt die Schuld daran, daß wir noch in verhältnißmäßig wenigen Fällen die Lagerung der kleinsten Theilchen, die Anordnung des Stoffs, die Gruppirung der Elemente mit Sicherheit erkannt haben. Es fehlt die Kenntniß der inneren chemischen Verfassung.

Ueber die Kenntniß dieser inneren Verfassung der organisirten, wie der organischen Stoffe hebt uns

die Vorstellung einer besonderen Lebenskraft in gefährlicher Weise hinweg. Denn darin liegt eben der Irrthum, der den geläufigen Vorstellungen von der Lebenskraft anklebt, daß sie eine Kraft sein soll ohne Träger, eine Idee, die den Leib baut, ein selbstherrliches Nichts, mit dem man alles an- und aufstellen kann, weil es durch keine Wirklichkeit bedingt, begrenzt, begründet ist. Die Verwandtschaft dagegen ist ein ewiges, ein unverwüstliches Merkmal des Stoffs, das diesen nie verläßt, nicht im Leben, nicht im Tode.

Alle Vorstellungen von der Lebenskraft lassen sich auf die tief wurzelnde Neigung des Menschen zurückführen, sich eine Reihe von Erscheinungen, deren Zusammenhang ihm räthselhaft blieb, in der Gestalt einer Persönlichkeit vorzustellen. Merkwürdig genug entspringt die wesenloseste Trennung von Kraft und Stoff gerade dem Bedürfniß, sich in den Wogen schwankender Erscheinungen an dem zum Steuermann verkörperten Bilde eines gemeinsamen Grundes festzuhalten. Die leibhaftigste Wirklichkeit und die wesenloseste Verflüchtigung entwachsen Einem Stamme.

Wenn die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel einmal in organische Verbindung zusammengetreten und organisirt sind, dann haben die bestimmten Gestalten ein Entwicklungsvermögen, das, wie die bisherige Erfahrung lehrt, auf Jahrhunderte und Jahrtausende fortdauert. Mittelst der Samen, Knospen, Eier kehren die nämlichen Gestalten in bestimmtem Wechsel wieder. Auf diese regelmäßige Wiederkehr hat man vorzugsweise die naturgeschichtliche Eintheilung in Arten gegründet.

Wenn aber etwas geeignet ist, das einheitlich fortschreitende Walten gleichartiger Naturkräfte in dem Werden der Organismen zu beleuchten, so ist es die durch Lamarck angebahnte, durch Darwin so mächtig geförderte Erkenntniß, daß das Beharrungsvermögen der Arten trotz alledem ein beschränktes ist.

Nur selten, niemals vielleicht, hat der Urheber eines umfassenden Naturgesetzes in so kurzer Zeit die Anerkennung der Unbefangenen errungen, wie Darwin, dem in weniger als zwanzig Jahren der Beifall der wissenschaftlichen Welt auf den verschiedensten Gebieten freier Forschung zu Theil geworden ist.

Unbefangen aber war Jeder, der nicht in den kindlichen Träumen zauberhafter Schöpfungsgeschichten Befriedigung fand, vorbereitet ein Jeder, der wenn auch nur flüchtig zur Seite eines Lyell oder Bur-

meister in den Urkunden der Erdgeschichte gelesen hatte, eingeweiht die Jünger, die sich darin geübt hatten, das der Vorstellung entfliehende Wort der Ewigkeit in die langen, ungemessenen Zeiträume zu übersetzen, die das organische Werden in Anspruch nimmt. Wer sich mit denkender Beobachtung in jene umfassende Stammesgeschichte der Organismen vertieft hatte, dem fiel die Lehre von der Wandelbarkeit der Art, von dem Ursprung höherer, reicher zusammengesetzter Wesen aus einfacheren, weniger entwickelten, wie ein anderer Newton'scher Apfel reif und lockend in den Schooß.

Um den höher entwickelten Pflanzen- und Thierformen zu begegnen, müssen wir die jüngsten Schichten unserer Erdkruste durchforschen, und umgekehrt, je älter jene Schichten sind, je tiefer sie unter den jüngsten verborgen liegen, um desto mehr sind die Organismen durch einfache und einförmige Gestalten vertreten.

Aber jene einfacheren und minder Abwechslung darbietenden Wesen sind im Großen und Ganzen als die Vorfahren der höher entwickelten gestaltenreicheren zu betrachten, und insofern der Mensch in jene lange Entwicklungsreihe hinein gehört, müssen wir die ältesten, erhärteten Schlammschichten der Erdrinde als die Grabstätten unserer Ahnen betrachten.

Nur mißt sich die Zeit, die uns von jenen Ahnen trennt, nicht nach Menschenaltern, sondern nach Äonen, von denen man nicht weiß, wie viel Millionen Jahre sie umfassen. Man pflegt sie in Urzeit, alte Zeit, mittlere Zeit, Neuzeit und jüngste Zeit einzutheilen.*)

Aus der Dicke der Schichten, die sich in den betreffenden Zeiträumen abgesetzt haben, hat man es versucht, die verhältnißmäßige Dauer jener Zeiträume zu ermitteln. Daraus ist die Vermuthung entstanden, daß die Urzeit eine längere Dauer gehabt haben müsse, als die vier jüngeren Zeitalter zusammen. Die alte Zeit soll die mittlere, neue und jüngste beinahe um das Zweiundeinhalbfache übertroffen haben. Und während die mittlere Zeit fünfmal so lang gedauert haben mag, als die neue, hat die jüngste bis jetzt nur wenig mehr als ein Fünftel der neuen erreicht.

Mit anderen Worten, die Geschichte der Erdrinde wird nicht in Zeiträume von gleich langer Dauer, sondern nach ihren Erzeugnissen eingetheilt. Von der Urzeit bis zur jüngsten Zeit werden die Abschnitte immer kürzer.

---

*) I. Urzeit, Primordialzeit, archäolithische Zeit.
II. Alte Zeit, Primärzeit oder paläolithische Zeit.
III. Mittlere Zeit, Secundärzeit oder mesolithische Zeit.
IV. Neuzeit, Tertiärzeit oder cenolithische Zeit.
V. Jüngste Zeit, Quartärzeit oder anthropolithische Zeit.

Für das Pflanzenreich nun ist die Urzeit die Zeit der Tange. In der alten Zeit treten dann Pilze, Moose und Farne auf, zu denen sich in ihrer zweiten Hälfte auch Palmenfarne*) und Nadelhölzer gesellen. Aber die Farnwälder gaben der alten Zeit ihren Charakter. Farne und Tange steuerten den Hauptbeitrag zu den mächtigen Steinkohlenflötzen, welche die zur alten Zeit gehörende Steinkohlenperiode kennzeichnen.

In der mittleren Zeit, in welcher die Nadelwälder herrschen, tauchen bereits einkeimblättrige Blumenpflanzen**) auf. Und gegen das Ende, in der Kreideperiode, erscheinen auch die zweikeimblättrigen Blumenpflanzen***), die erst in der Neuzeit zu mächtiger Entwicklung gelangen.

Wie man von der Urzeit bis zur Neuzeit aufsteigen muß, um von den einfachsten einzelligen Pflanzen zu den Glockenblumen und Schmetterlingsblüthigen fortzuschreiten, so gelangt man im Thierreich von dem für einen Wurzelfüßer gehaltenen kanadischen Morgenwesen†), das aus Urschleim in einer vielkammerigen, durchlöcherten, festen Schale besteht, aufwärts bis zum Menschen, wenn man die Entwicklung von der Urzeit bis zur jüngsten Zeit verfolgt.

---

*) Cycadeen.
**) Phanerogamae monocotylae.
***) Phanerogamae dicotylae.
†) Eozoon canadense.

Schon in der Urzeit lebten Würmer, Pflanzenthiere, Weichthiere und Sternthiere*). Zu ihnen gesellen sich in der darauf folgenden alten Zeit Gliederthiere, Fische und Lurche**). Die mittlere Zeit ist das Zeitalter der Schleicher***), neben welchen auch die Vögel auftauchen. Ja sogar eine niedere Abtheilung der Säugethiere, die der Beutelthiere, ist in der mittleren oder Secundärzeit vertreten. Zu höherer Entwicklung gelangen aber die Säugethiere erst in der Neuzeit oder Tertiärzeit, um sich, so viel mit Sicherheit ermittelt ist, erst in der jüngsten oder Quartärzeit zum Menschen zu erheben.

Wie langsam diese Menschwerdung vor sich gegangen ist, kann daraus am besten bemessen werden, daß der bisher verflossene Zeitraum der jüngsten Zeit kaum den zweihundertsten Theil der ganzen Geschichte unserer Erdrinde ausmachen soll. Das langsam geschriebene Buch ist aber auch langsam gelesen worden. Nachdem Xenophanes und Aristoteles, Leonardo da Vinci, Palissy, Werner, Cuvier, durch Jahrhunderte von einander getrennt, darin geblättert, ist der innere Zusammenhang seiner

---

*) Echinodermata.

**) Amphibien.

***) Reptilien.

Sprache, der wahre Schlüssel zu seiner Bilderschrift erst von Lyell gefunden.

Keiner hat diesen Schlüssel so anregend gepriesen wie Darwin, keiner ihn so kühn um- und umgedreht wie Häckel, dem das Verdienst gebührt, neben der Entwicklungsgeschichte der Einzelwesen*) einen neuen Zweig der Wissenschaft, die Stammesgeschichte der Arten**), aufgebaut zu haben.

Für die uns hier beschäftigende Frage ist das wichtigste Ergebniß dieser Studien, daß die Welt der Organismen, wie die Erdrinde selbst, eine unermeßlich langsame Geschichte durchgemacht hat, die uns von den einfachsten organischen Urwesen durch Umwandlungen, Mischformen und fortschreitende Entwicklung zu den höchsten Formen organischen Erdenlebens hinaufführt.

Es ist alles geworden, nichts erschaffen, und selbst das Wort „natürliche Schöpfungsgeschichte" ist nur einer vorläufigen Rücksicht auf mosaische und andere Sagen entsprungen. Die Bezeichnung „Schöpfungsgeschichte" wird aus der Naturwissenschaft verschwinden, denn sie ist gegen die Natur.

*) Ontogonie.
**) Phylogonie.

Das Werden der Organismen hat aber nothwendiger Weise einen Anfang gehabt auf unserem Erdball. Denn alles spricht dafür, daß es eine Zeit gegeben hat, in welcher dessen Rinde, im geschmolzenen Zustande, eine Wärme besaß, bei der alles organische Leben unmöglich ist. Erst nachdem diese Rinde so weit abgekühlt war, daß sich Wasser in tropfbarem Zustande erhalten konnte, war die erste Vorbedingung zur Entwicklung von Organismen gegeben.

Kein Keimstoff*) oder Urschleim kann einer Wärme von mehr als 85° widerstehen. Diese Grenze berücksichtigt Ehrenberg's Beobachtung, nach welcher in den heißen Quellen Ischia's grüne Oscillarien, Räder- und Aufgußthierchen leben**). Im Allgemeinen erlischt freilich die Lebensfähigkeit des Keimstoffs viel früher, so daß nur ausnahmsweise pflanzliche oder thierische Wesen der niedersten Art einer lange dauernden Einwirkung der Wärme von 45° widerstehen.

Wenn aber die übermäßige Wärme in der Vorurzeit der Erde kein organisches Leben aufkommen ließ, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, daß die ersten Organis-

---

*) Protoplasma.

**) Ehrenberg erwähnt die Infusoriengattungen Nassula, Enchelys und Amphileptus. Vergl. Max Schultze, das Protoplasma, Leipzig 1863, S. 49.

men nicht aus organischen Keimen, weder aus Eiern noch aus Keimkörnern, hervorgehen konnten.

Der Satz, daß alles Lebende aus Eiern hervorgegangen*), ist, im Lichte der Geschichte unseres Erdballs betrachtet, als eine Irrlehre zu bezeichnen.

Es muß eine Zeit gegeben haben, in der die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel sich an der Oberfläche der Erde unter solchen Umständen begegneten, daß sie sich zu organisationsfähigem Keimstoff verbanden.

Der erste Organismus ist durch Urzeugung**) gebildet worden.

Mit diesem obersten Satze hat es nicht im Mindesten zu thun, daß es bisher keinem Forscher gelungen ist, in überzeugender Weise, ohne alle Dazwischenkunft von Keimen, aus organischen und unorganischen Stoffen, einen wenn auch noch so einfachen Organismus aufzubauen. Wer aus diesem Grunde an der Urzeugung in vorurweltlicher Zeit zweifeln wollte, der müßte jeder berechtigten Verknüpfung von Thatsachen entsagen. Er könnte mit gleichem Rechte die Bildung des Hühnchens im Eie anzweifeln, da es niemals Jemandem gelungen ist, zu sehen, daß in eben

*) Omne vivum ex ovo. Harvey.

**) Generatio spontanea oder aequivoca.

demselben Ei, aus dem das Hühnchen ausgeschlüpft, kein Hühnchen enthalten war, als es von der Henne gelegt ward.

Es wäre denkbar, daß es nie gelänge, den Vorgang der Urzeugung auf dem Versuchswege dazuthun, ja es wäre möglich, daß die Spanne eines Menschenlebens zu kurz dauerte, um sie auf dem Beobachtungsweg zu erleben, ohne daß dies der obersten Folgerung aller Erd- und Stammes-Geschichte Abbruch thäte, daß das Leben auf Erden einen Anfang gehabt, daß dieser Anfang ein Entwicklungsprozeß gewesen, daß der erste einfachste Organismus durch Urzeugung entstanden ist.

Diese Auffassung der Urzeugung als Uranfang der Stammesgeschichte der Organismen läßt also das Verdienst der Forscher ungeschmälert, die von Redi bis Helmholtz, von Dusch und Schröder bis Pasteur, den größten Scharfsinn und die feinste Genauigkeit aufgeboten haben, um die Entwicklung niederer Organismen bis zum Ei oder dem Keimkorn zu verfolgen. Es mag im Vorbeigehen bemerkt werden, daß ein guter Theil des Widerwillens, mit welchem viele Naturforscher von der Urzeugung reden hören, auf Rechnung der rohen Vorstellungen zu schreiben ist, die in einer noch nicht altersgrauen, aber an physiologischem Wissen desto kindlicheren Zeit

die Maden auf dem Fleisch, die Aelchen im Essig, die Würmer in den Eingeweiden ohne Vermittlung von Keimen, durch Urzeugung aufleben ließen.

Jene Vorstellungen sind widerlegt, jedem Versuch, unter sorgfältigem Ausschluß aller eingeschlüpften Keime die Urzeugung darzuthun, kleben Zweifel an, und dennoch ist es nicht bloß eine Vermuthung, es ist eine vernünftige Folgerung aus zwingenden Beobachtungen, daß im Anfang des Werdens der Organismen Urzeugung stattfand.

Auf dieser Urzeugung fortbauend hat Häckel den Versuch gewagt, den Stammbaum des Menschengeschlechts zu entwerfen, und es hieße das Auge dem Fortschritt verschließen, wenn man ihm in dieser Entwicklung der Stammesgeschichte nicht folgen wollte. Häckel ist der Erste, der bereit ist zuzugeben, daß ein solcher erster Versuch in Zukunft den wichtigsten Verbesserungen und Berichtigungen entgegensieht. Wer aber diesen ersten Versuch nicht wagt, der muß der Menschheit für die Zukunft ein Unwissenheitszeugniß ausstellen, oder an der Wiege ihrer Vergangenheit ein Schlaflied von Schöpfungsgeschichten vorsingen. Wer sich nicht einschifft, sagen die Spanier, kommt nicht über's Meer.*)

---

*) Quien no se embarca no pasa la mar.

Im Anfang war das Leben an ein winziges Stückchen Urschleim*) gebunden.

Als solches stellte es eine einfache Urzelle**) dar, in welcher noch kein Unterschied waltet zwischen Kern und Leib der Zelle.

Solche Urzellen leben heute noch in der Tiefe des Meeresgrundes und sind zuerst von Häckel im adriatischen Meere entdeckt worden. Es giebt Urthierchen***), die ihr ganzes Leben lang auf der Stufe von Urzellen verharren†).

Durch die Unterscheidung in Kern und Leib oder Keimstoff††) wird die Urzelle zur Zelle. Die Wechselthierchen†††), die als heute lebende Vertreter dieser Entwicklungsstufe zu betrachten sind, haben deshalb eine so große Bedeutung für unsere Einsicht in die Lebenserscheinungen gewonnen, weil zuerst an ihnen die eigenthümlichen Bewegungen beobachtet worden, die durch die Zusammenziehungsfähigkeit

---

*) Plasson, van Beneden.

**) Cytode, van Beneden.

***) Moneren, Häckel.

†) Vgl. Häckel's Anthropogenie, 3. Auflage, Leipzig 1877, S. 413, und folgende. Dieses Buch von Häckel und seine natürliche Schöpfungsgeschichte sind nach und neben Darwin's Schriften als die Hauptquelle für die zur Wissenschaft erwachte Naturgeschichte zu betrachten.

††) Protoplasma.

†††) Amoeben.

ihres Keimstoffs bedingt sind. Diese Wechselthierchen tragen den Stempel eines Entwicklungsgliedes an sich. Sie sind nämlich frei beweglich als Eizellen niederer Thiere beobachtet. Die Eier der Kalkschwämme sind von kriechenden Wechselthierchen in keiner Weise verschieden*).

Und es ist gewiß ein untadeliges, lehrreiches Verfahren, wenn Häckel von der Uebereinstimmung zwischen einer selbständigen, im Körper eines Kalkschwammes**) frei umher kriechenden Eizelle mit einem selbständig lebenden Wechselthierchen Anlaß nimmt, die manchmal scherzweise aufgeworfene Frage, ob das Ei früher da war oder das Huhn, ernsthaft zu beantworten. Denn ohne Zweifel war das Ei früher da als das Huhn, nur nicht in der Form eines Hühnereies. Ungezählte Millionen von Geschlechtern wurden erfordert, um von dem, den Werth einer Eizelle beanspruchenden, Wechselthierchen bis zum königlich gesinnten Hahne***) und der Henne aufzusteigen.

Der nächste Fortschritt in der Stammesgeschichte äußert sich in Gestalt einer einfachen Vervielfältigung. Eine Anzahl gleichartiger Zellen, wie sie vereinzelt

---

*) Vgl. Häckel, a. a. O., die Abbildungen auf S. 419.

**) Olynthus.

***) Vgl. Masius, Naturstudien. Erster Band, achte Auflage, Leipzig 1874, S. 65, 66.

ein Wechselthierchen darstellen, mit einander zu einem Einzelwesen verbunden, wird uns in den zusammengesetzten Wechselthierchen*) vorgeführt, wie sie von Archer, Richard Hertwig und Cienkowski beschrieben worden.

Aus dem Zellenhaufen, aus der einfachen Zellengemeinde wird nach und nach eine Blase, deren Wand aus einer einfachen Schicht von Zellen besteht. Sowohl im süßen Wasser, wie im Meere leben derartige kugelige Blasen als selbständige Urthierchen, die noch insbesondere dadurch gekennzeichnet sind, daß sie an ihrer Oberfläche flimmernde Wimperhaare tragen. Sie sind den Flimmerlarven**) einer vorübergehenden Entwicklungsstufe mancher niederen Thiere, der Quallen z. B., zu vergleichen.

Ein überaus zierliches Beispiel dieser Flimmerkugeln ist von Häckel an der norwegischen Küste beobachtet worden. Diese norwegische Flimmerkugel***) schwimmt frei im Meere. Ihre Wand besteht aus dreißig bis fünfzig gewimperten Zellen, die, wenn sie ihre volle Ausbildung erlangt haben, sich von einander trennen. Aus jeder aus dem Gemeinverband ausgetretenen Zelle wird ein frei lebendes

*) Synamoebien, Cienkowski.

**) Planula.

***) Magosphaera planula. Häckel.

Wechselthierchen, das sich nach einiger Zeit einkapselt, eine formlose Hülle ausschwitzt, wodurch die vollständigste Aehnlichkeit mit einer Eizelle erreicht und in der That ein neuer lebhafter Entwicklungsprozeß vorbereitet wird. Denn die einzelnen Zellen theilen sich, und die neu entstandenen immer auf's Neue in je zwei Zellen, bis sich deren zweiunddreißig und mehr gebildet haben. Und diese Tochterzellen verbinden sich wieder zu einer Kugelblase, an deren Oberfläche Wimpern hervorsprossen. Die neue Flimmerkugel sprengt die Kapsel, die das Wechselthierchen ausgeschwitzt hatte. Ein neues, aus vielen Zellen zusammengesetztes Einzelwesen ist gebildet, und die Zellentheilung läuft in übersichtlichster Weise auf Fortpflanzung der Art hinaus.

Als Enkelin der Wechselthierchen in der Stammesgeschichte betrachtet Häckel eine Blasenform, an welcher ein durch eine Längsachse ausgezeichneter Darm mit einer Mundöffnung, ein Urdarm und ein Urmund, zu unterscheiden. Ihr entspricht in der Keimesgeschichte aller Thiere, mit alleiniger Ausnahme der niedersten Urthiere, eine Entwicklungsform, die Häckel als Darmlarve*) bezeichnet hat. Er nimmt, dieser Darmlarve der Keimesgeschichte entsprechend, in

*) Gastrula.

der Stammesgeschichte ein Urdarmthierchen*) an, dessen Verkörperung in der Gegenwart mit der Eigenthümlichkeit fortlebt, daß die betreffenden Pflanzenthiere**) mit dem der Mundöffnung entgegengesetzten Körperende am Meeresboden festwachsen. Sie bilden einen walzen- oder eiförmigen Schlauch, dessen Höhle eben die gesammte Darmhöhle darstellt und am oberen Ende die Mundöffnung trägt. Die Wand der Höhle besteht aus zwei Zellenschichten, die nach Häckel mit den Keimblättern, die in der Keimesgeschichte der höheren Thiere eine eben so große als weit verbreitete Rolle spielen, zu vergleichen sind.

Von den Urdarmthierchen aufwärts findet geschlechtliche Fortpflanzung statt, die freilich bei manchen niederen Thieren zunächst nicht die einzige Art der Vermehrung ist, sondern neben anderen Fortpflanzungsweisen einhergeht.

Aus den Urdarmthierchen lassen sich durch weitere Entwicklung die Würmer ableiten.

Von den Würmern zu den Wirbelthieren spannen die Mantelthiere die Brücke. Im Larvenzustande besitzen nämlich gewisse Mantelthiere, die man früher zu den Weichthieren zählte, Häckel dagegen den

---

*) Gastraea, Häckel.

**) Haliphysema, Bowerbank; Gastrophysema, Carter.

Würmern einreiht, einen langen Schwanz, der in seinem Inneren einen festeren Strang birgt, ganz demjenigen vergleichbar, der bei allen höheren Wirbelthieren eine der wichtigsten Anlagen, gleichsam die Achse der Wirbelsäule bildet. Sie führt den Namen Rückenstab*) oder Achsenstab.

Dieser Achsenstab, der von Kowalevsky als vorübergehendes Gebilde bei den Mantelthieren entdeckt worden, ist von Todaro in Rom auch bei den Salpen aufgefunden, und zwar gleichfalls nur während eines bestimmten Entwicklungszustandes**).

Ascidien und Salpen sind demnach während eines beschränkten Lebensabschnitts mit einem Achsenstab versehene Thiere***), die den Ahnen des Wirbelthierstammes verwandt sind. Sie gehören zur Wurzel des Wirbelthierbaumes.

Nichts kann nun aber einem Wurme ähnlicher sein als das berühmte Thierchen, das man wegen seiner lanzettähnlichen Gestalt bald Lanzettfischchen, bald Lanzettthierchen†) genannt hat. Es ward vor hundert Jahren (1778) von dem deutschen Natur-

---

*) Chorda dorsalis.

**) F. Todaro, sopra lo sviluppo e l'anatomia delle salpe. Atti della Reale Accademia dei Lincei, seconda serie, T. II.

***) Chordonier.

†) Amphioxus lanceolatus. J. Müller.

forscher Pallas entdeckt und anfangs für eine nackte Schnecke gehalten. Später den Fischen zugezählt, wurde es von Häckel aus dieser Klasse wieder geschieden, weil es ohne Kopf, ohne Hirn, ohne Herz, ohne andere Spur einer Wirbelsäule als eben den Achsenstab, ohne Gehör, mit sehr unentwickelten Nieren sein Leben verbringt.

Dieses Lanzettthierchen ist das wahre Urbild der Wirbelthiere.

So lang wie zwei bis drei Mannsfinger breit sind*), lebt es im Sande vergraben an der Küste des Mittelmeers, der Ostsee, der Nordsee, farblos oder kaum röthlich, in der Gestalt einem lanzettförmigen Blatte vergleichbar**).

Vom einen bis zum anderen Körperende ist es von dem Achsenstab durchsetzt, d. h. von eben dem Rückenstab, der als Achse der Wirbelsäule in einer frühen Entwicklungszeit bei allen Wirbelthieren vorkommt.

Die Art wie dieser Rückenstab beim Lanzettthierchen vorhanden ist, genügt, um dasselbe als Vorstufe eines Wirbelthiers zu kennzeichnen. Und dennoch ist es nur zu billigen, wenn Häckel das Thierlein, das von

*) Fünf bis sieben Centimeter.

**) Vgl. die Abbildung bei Häckel, a. a. O. S. 337.

den Fischen kaum weniger verschieden ist, als diese von den Säugethieren, unter dem Namen des Schädellosen*) von den übrigen Wirbelthieren abgetrennt hat. Es gehörte ein lobenswerther Muth dazu, eine einzige Form zu einer Klasse zu erheben, eine Klasse aufzustellen, die nur Einen Vertreter hat. Aber es gewährt die höchste Befriedigung der Vernunft, daß die Wissenschaft das Recht beansprucht, die Organismen nach leitenden Grundsätzen zu ordnen, unbekümmert darum, ob ein organisches Wesen in einem Schubfach der Naturgeschichtler viel oder wenig Raum einnimmt. Dem Verdienste seine Krone! Häckel hat ganz Recht, wenn er zwischen den Zeilen lesen läßt, daß er dem Lanzettthierchen allein einen Krystallpalast bauen möchte, um es seiner Bedeutung für die Stammesgeschichte des Menschen gemäß und würdig auszustellen.

Ueber dem Rückenstab trägt das Lanzettthierchen sein Rückenmark, in Gestalt eines Markrohrs, das an seinem vorderen Ende durch eine unmerkliche rundliche Anschwellung das erste Auftauchen des Gehirns in dem Stamme der Wirbelthiere verkündet.

Sein Darm zerfällt in zwei Abschnitte. Der vordere dient als Kiemenkorb dem Athmen, der hintere der Verdauung.

---

*) Acranier.

Das Blutgefäßsystem des Lanzettthierchens gleicht mehr demjenigen der Würmer, als dem der Wirbelthiere. Zwischen dem Rückenstab und dem Darm verläuft ein Längsgefäß, das als Arterie, an der Bauchseite des Darmes ein anderes, das als Vene zu betrachten ist. Beide hängen vorn und namentlich am Kiemenkorb durch zahlreiche Verbindungsäste zusammen. Da wo hinten am Kiemenkorb diese Verbindungsäste, die sogenannten Kiemengefäßbogen, beginnen, besitzt die Längsvene eine spindelförmige Anschwellung, die als erste Andeutung eines gesonderten Herzens die dereinstige Entwicklung dieses muskulösen Hohlschlauchs bei den ausgebildeten Wirbelthieren ahnen läßt.

Während die Nieren sich nicht über die Stufe von einfachen, wenig entwickelten Hautdrüsen erheben, und dadurch ihre auch bei den höchsten Thieren bestehende Verwandtschaft mit den Schweißdrüsen verrathen, sind die Geschlechtsdrüsen höher entwickelt. Sie liegen zu beiden Seiten im Innern der Kiemenhöhle. Und die Lanzettthierchen sind getrennten Geschlechts.

Sie leben von gemischter Kost, von pflanzlichen und thierischen Ueberresten, von niederen Pflänzchen*) und Aufgußthierchen.

---

*) Diatomeen.

Nun braucht man bloß die Larve einer Lamprete zu betrachten*), um inne zu werden, wie allmälig die Thierreihe vom Lanzettthierchen zu den Rundmäulern**) aufsteigt.

Aus diesen Rundmäulern, welche die meisten Naturforscher den Fischen zuzählen, hat Häckel mit Fug und Recht eine eigene Thierklasse gemacht.

Zu ihr gehören die sogenannten Inger***) und die schon etwas höher entwickelten Lampreten†). Den Namen der Rundmäuler verdanken diese Thiere ihrem kreisförmigen oder halbkreisförmigen Munde.

Der charakteristische Fortschritt vom Lanzettthierchen zum oben genannten jugendlichen Zustande der Lampreten läßt sich darauf zurückführen, daß in dem letzteren am vorderen Ende das Gehirn zu einer deutlichen birnförmigen Blase, das Herz zu einem aus Kammer und Vorkammer bestehenden Muskelschlauche vorgeschritten ist.

Wie das Lanzettthierchen, so haben auch die Inger noch einen einfachen Achsenstab aufzuweisen. Bei den Lampreten aber ist bereits ein häutiges Rohr um das

---

*) Vgl. Häckel a. a. O., Tafel XI., auf der in Fig. 16 die Lampretenlarve, in Fig. 15 das Lanzettthierchen neben einander abgebildet sind.

**) Cyclostomen.

***) Schleimfische, Myxinoides.

†) Pricken, Neunaugen, Petromyzontes.

Rückenmark vorhanden, über welchem in einzelnen knorpeligen Bogen die Wirbelabtheilung aufdämmert.

Aber sämmtlichen Rundmäulern fehlen noch die Kiefer und Flossen. Sie haben noch eine einfache unpaare Nasengrube. Sie entbehren der Schwimmblase, die als Ausstülpung des vorderen Darmabschnitts für die erste Anlage der Lungen in der Stammesgeschichte gelten muß.

Nun treten die Urfische auf. Es sind jene niederen Fischformen, die man häufig im engeren Sinne als Knorpelfische*) bezeichnet, und zu denen z. B. der Haifisch gehört. Sie haben paarige Nasengruben, innere Kiemenbogen, aus deren vorderstem Paare sich Ober- und Unterkiefer entwickeln. Die Schwimmblase, die Vorläuferin der Lungen, erscheint, und von nun an haben wir Brust- und Bauchglieder, die beim Haifisch, wie bei allen ächten Fischen, als Brust- und Bauchflossen entwickelt sind. Unter den Eingeweiden stellen sich die Milz und Bauchspeicheldrüse ein. Das Nervensystem, das vor allen Dingen in der Bildung des Gehirns einen großen Fortschritt bekundet, vervollständigt sich durch die Bildung der sympathischen Nerven.

---

*) Selachier.

Bis hierher haben wir es mit lauter Wasserthieren zu thun. Es ist für die ganze Urzeit charakteristisch, daß in ihr landbewohnende Thiere noch nicht in die Erscheinung treten. Alle die niederen Thiere, von welchen bis jetzt die Rede war, beziehen den zum Leben erforderlichen Sauerstoff aus dem Wasser, welches Luft gelöst enthält, die niedersten unmittelbar durch die Haut, die höheren, wie die Mantelthiere, Lanzettthierchen, Rundmäuler und Urfische, durch besondere Organe oder Kiemen.

Die alte Zeit erst hat das land- oder luftathmende Leben eingeweiht.

Der Urfisch wird Lurchfisch *).

Seitdem die Lurchfische oder Doppelathmer, d. h. mit Kiemen und Lungen versehene Thiere, als Abkömmlinge der Urfische angesehen werden, die sich allmälig dem Landleben angepaßt, haben sie aufgehört die Qual der Naturforscher zu sein, die sich nicht darein finden konnten, daß eine Thierform erschaffen sein sollte, die nicht den Stempel mit auf die Welt gebracht hätte, um auszuweisen, ob sie zu den Fischen oder Lurchen gehört. Der berühmte amerikanische Lurchfisch **) ist

*) Dipneuste, Doppelathmer. Zu den noch jetzt lebenden Dipneusten gehören: Lepidosiren paradoxa in Süd-Amerika, Protopterus annectens in Afrika, Ceratodus Forsteri in Australien.

**) Lepidosiren paradoxa.

eben kein Fisch mehr und noch kein Lurche, sondern ein in der Lurchwerdung begriffener Fisch, und es ist wiederum Häckel's Verdienst, daß er mit kühnem Griff aus diesem Fisch, aus seinen afrikanischen und australischen noch lebenden, so wie aus seinen ausgestorbenen Verwandten eine eigene Thierklasse gemacht. Ist dies doch die einzige vernünftige Art der Thatsache einen Ausdruck zu leihen, daß Niemand weiß, ob man die betreffenden Thiere den Fischen oder Lurchen beizählen soll. Was kümmert's den wahren Forscher, der kein Museumswächter ist, ob eine Thierklasse viel oder wenig, oder vielleicht gar nur Einen Vertreter hat?

Die wesentlichste Eigenthümlichkeit dieser Lurchfische besteht eben darin, daß sie Doppelathmer sind. Mit Kiemen und außerdem mit einer oder zwei Lungen versehen, können sie, zwischen den Wendekreisen lebend, während der Regenzeit in den Flüssen, zur Zeit der Trockne im Schlamme bestehen.

Aber dieses Merkmal, das sich bei den Lurchfischen durch's ganze Leben erhält, wird bei den meisten Lurchen*) auf zwei verschiedene Lebensstufen vertheilt.

Der Frosch z. B. ist im Larvenzustande, als sogenannte Kaulquappe, zunächst mit äußeren, später

*) Amphibien.

mit inneren Kiemen versehen, und zeigt auch äußerlich durch seinen langen Schwanz, zumal im Anfang, die größte Aehnlichkeit mit einem Fische. Und diese Uebereinstimmung mit den Fischen ist in durchgreifender Weise im Herzen ausgeprägt, welches in den Froschlarven, wie in den Fischen, noch immer aus einer einfachen Vorkammer und Kammer besteht.

Wenn die Kaulquappe sich zum Frosch ausbildet, sind die Glieder hervorgesproßt, die Lungen haben sich aus dem Schlunde ausgestülpt, die Vorkammer des Herzens ist durch eine Scheidewand verdoppelt, die Kiemen verschwinden, der Schwanz fällt ab.

Zwischen der ursprünglichen Larvenform und dem ausgebildeten Frosche lag aber eine Entwicklungsstufe, auf welcher der Froschlurche den Fischlurchen in dem Hauptmerkmal glich, daß auch er sowohl Lungen als Kiemen besaß, die indeß nach Rusconi nie zu gleicher Zeit benutzt werden sollen*).

Wie sehr aber selbst im völlig entwickelten Frosche die Lungenathmung erst im Werden begriffen ist, das lehrt nicht blos der einfache, großzellige Bau seiner Lungen, sondern auch die Thatsache, daß seine Haut als Athemwerkzeug kräftiger arbeitet als die Lungen selber. Fubini fand, daß durchschnittlich durch die

*) Rusconi, Observations anatomiques sur la sirène, mise en parallèle avec le protée et le têtard de la salamandre aquatique, Pavie, 1837, p. 15, 23, 24.

Lungen des Frosches nur $^1/_{11}$ von der Kohlensäure entweicht, die durch seine Haut abgeschieden wird*). Und dadurch eben erklärt sich die von Bernard, Donders, Albini und Anderen beobachtete Thatsache, daß Frösche, die der Lungen beraubt worden, diesen für alle höheren Thiere tödtlichen Eingriff längere Zeit überleben können. Fubini hat Frösche, denen er die Lungen weggenommen hatte, länger als drei und einen halben Monat am Leben erhalten. Nach seinen und meinen Versuchen kann der Frosch die Lungen leichter als die Leber entbehren.

Nun werfen aber nicht alle Lurche ihre Kiemen ab. Der berühmte blinde Kiemenmolch der Adelsberger Grotte**) behält die Kiemen das ganze Leben hindurch bei und kann, da er auch, wenn gleich wenig entwickelte, Lungen besitzt***), wie ein ächter Doppel-

---

*) Fubini, über den Einfluß des Lichts auf die Kohlensäure-Ausscheidung bei den Batrachiern nach Wegnahme der Lungen, in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Band XII, Gießen, 1877, S. 103 und 110.

**) Proteus anguineus.

***) Rusconi hat in seiner oben angeführten berühmten Abhandlung dem Proteus die Lungen abgesprochen (a. a. O. p. 4, 13, 26, 29, 32), Cuvier dagegen hat die Blasen, welche Rusconi den paarigen Schwimmblasen mancher Fische verglich (p. 32), als Lungen gedeutet, wie denn in der Keimesgeschichte die Schwimmblasen und die Lungen gleichen Werth beanspruchen, einem Werkzeug vergleichbar, das je nach

athmer, sowohl unmittelbar als mittelbar Luft athmen, indem er sie aus der Atmosphäre schöpft, wie aus dem Wasser.

---

dem Bedürfniß des Organismus verschiedene Verrichtungen ausführt. Die namhaftesten neueren Forscher sind Cuvier gefolgt, indem sie dem Proteus wirkliche Lungen zuschrieben; vgl. z. B. Stannius, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere, Berlin 1846, S. 232; Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie, 2. Auflage, Leipzig 1870, S. 820; Huxley, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere, aus dem Englischen übersetzt von Ratzel, Breslau 1873, S. 160; Ruhn, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, Erster Theil, Heidelberg 1875, S. 98. Abgebildet sind die betreffenden Blasen bei Rusconi, Tafel II, Fig. 3 und vollständiger Tafel III, Fig. 1. Rusconi bekämpfte die Lungendeutung, weil die betreffenden Blasen, mit den Geschlechtswerkzeugen in eine Bauchfellsfalte eingeschlossen, sich nicht frei ausdehnen können und keinen besonderen kleinen Gefäßbogen, keinen Lungenkreislauf besitzen. Er schloß aus seinen Einspritzungen der Gefäße, daß alles Blut, welches von den betreffenden Blasen herkommt, durch eine von den Geschlechtswerkzeugen stammende Ader der Hohlader zufließt. (Rusconi, a. a. O. p. 13, 14.) Huxley bemerkt, daß beim Proteus nicht alles Blut zum Herzen zurückkehrt, sondern ein Theil desselben den Adern des Rumpfes zuströmt. Jedenfalls handelt es sich beim Proteus um eine wenig entwickelte Lunge, und wenn im Text für diesen Kiemenmolch der Adelsberger Grotte die Möglichkeit einer Lungenathmung zugegeben wird, so soll damit nicht etwa gesagt sein, daß die Thätigkeit der Lungen die der Kiemen ersetzen könne. Denn aus Rusconi's lehrreicher Abhandlung erhellt, daß nach Beobachtungen, an welchen auch Configliacchi und Volta betheiligt waren, Proteus außer dem Wasser beinahe ebenso schnell zu Grunde geht wie ein Fisch. (Rusconi, a. a. O. p. 26.)

Andere, derselben Klasse der Lurche angehörige Thiere, die Salamander und Wassermolche*), verlieren zwar in der Regel die Kiemen. Wenn man sie aber im Larvenzustande daran verhindert, an's Land zu gehen, dann kann es sich ereignen, daß sie die Kiemen zeitlebens beibehalten.

Es giebt keinen geraderen Beweis für den mächtigen Einfluß, den außer der Erblichkeit auch die Lebensverhältnisse auf die Verrichtung und Gestaltung der Thiere ausüben, als diese merkwürdige Thatsache, daß einem gewöhnlich die Kiemen ablegenden Molche die Wasserathmung und damit der dauerhafte Besitz der Kiemen aufgezwungen werden kann, wenn man ihn nicht aus dem Wasser läßt. Und der Beweis wird in der merkwürdigsten Weise vervollständigt durch jene andere Beobachtung, nach der es gewöhnlich durch andauernden Besitz der Kiemen ausgezeichnete Lurche, sogenannte Kiemenlurche**) giebt, die umgekehrt, wenn sie auf's Land gerathen, der Kiemen verlustig gehen und einem ausgewachsenen Salamander ähnlich werden. Dieses zur Beleuchtung der Wandelbarkeit der Art so handgreifliche Ereigniß ist im Pariser Pflanzengarten an einem berühmten

*) Tritonen.

**) Perennibranchiata, Sozobranchia.

mexikanischen Kiemenmolch*) mehrmals beobachtet worden. Gelegentlich also, wenn dieser mexikanische Molch, gegen seine Gewohnheit, auf's Land geräth, wird er den Fröschen und Salamandern ähnlich, insofern er die Kiemen verliert. Dies erinnert an eine ältere Beobachtung Rusconi's, der bei Larven des Wassermolchs, die nicht weit von ihrer völligen Umwandlung entfernt waren, als er sie aus dem Wasser genommen hatte, die Rückbildung der Kiemen sich beschleunigen und die Lungenthätigkeit früher wie gewöhnlich in Gang kommen sah**). Und was hier für Ausnahmsfälle den Einfluß der äußeren Umstände kennen lehrt, das bildet die Regel bei einem Laubfrosche von Martinique***), der sich dem trocknen Klima seiner Heimath in dem Grade angepaßt hat, daß er gleich ohne Kiemen und ohne Schwanz, nicht als Larve, sondern als fertig gebildetes Fröschlein aus dem Ei schlüpft.

Außer der Bildung der Lungen und der dadurch ermöglichten unmittelbaren Luftathmung kommt nun bei den Lurchen ein anderes Merkmal zum Durchbruch,

---

*) An dem Axolotl, Siredon pisciformis. In Häckel's Antropogenie ist dieser mexikanische Kiemenlurche auf Tafel XIII, Fig. 1, abgebildet.

**) Rusconi, a. a. O. p. 21—23.

***) Hylodes martinicensis. Bavay.

das sich auf die Glieder bezieht. Die Flossen der Fische sind als vielzehige Füße zu betrachten; von den Lurchen aufwärts bildet der fünfzehige Fuß die Regel. (Gegenbaur.) Wo es bei Lurchen und höheren Wirbelthieren vorkommt, daß der Fuß der unmittelbaren Beobachtung eine geringere Zahl von Zehen aufweist, ist dieselbe auf eine Rückbildung ursprünglicher Anlagen zurückzuführen.

Zu diesem Kennzeichen, das sich auf alle höheren Wirbelthiere vererbt hat, gesellt sich nun ein höchst bezeichnendes Merkmal, das allein genügen würde, um zu beweisen, daß sich von den Lurchen an die Stammesgeschichte in zwei verschiedenen Richtungen fortentwickelt hat.

Es haben nämlich die Lurche wie die Säugethiere an ihrem Schädel zwei Gelenkhöcker, durch welche seine Verbindung mit dem ersten Halswirbel vermittelt wird. Bei den Schleichern und Vögeln ist dagegen der Schädel durch einen einzigen Gelenkhöcker mit dem ersten Halswirbel verbunden, der als Träger des wichtigsten, wenn auch nicht des gewichtigsten Körpertheils den Namen Atlas bekommen hat.

Wegen jener Uebereinstimmung zwischen Lurchen und Säugethieren und wegen der Aehnlichkeit, welche die erste Entwicklung des Eies in beiden Klassen darbietet, ist es gewiß gerechtfertigt mit Häckel die

Stammesgeschichte der Säugethiere, ohne Vermittlung der Schleicher und Vögel, auf die Lurche zurückzuführen.

Diese Auffassung gewinnt noch dadurch an Bedeutung, daß nach meinen*) und Funke's**) Beobachtungen die reifen Blutkörperchen des Frosches, so lange die freie Luft nicht darauf eingewirkt hat, wie die der Säugethiere, des Kerns entbehren. Wenn Moriggia***) im strömenden Blute der Gefäße des durchsichtigen Gekröses beim Frosche die rothen ellipsoidischen Blutkörperchen kernhaltig gesehen hat, so ist der Zweifel erlaubt, daß in dem aus dem Körper hervorgezogenen, äußerst dünnen Gekröse die Luft zu den Körperchen innerhalb der Gefäße hinlänglich freien Zutritt fand, um selbst im strömenden Blut jenes Gerinnsel zu erzeugen, das nach mir und Funke die absterbenden Blutkörperchen des Frosches auszeichnet.

Offenbar wäre auf jede Aehnlichkeit in Elementargebilden, wie die Blutkörperchen sind, für die Abstammung ein großer Nachdruck zu legen.

---

*) Jac. Moleschott, über die Entwicklung der Blutkörperchen, in Müller's Archiv, 1853, S. 82.

**) Funke, Lehrbuch der Physiologie, 4. Auflage, Leipzig 1863, Bd. I, S. 17.

***) Moriggia, Legge und Sciamanna, in Moleschott's Untersuchungen, Bd. XI, S. 475.

Den Uebergang von den Lurchen zu den Säugethieren läßt Häckel nun aber nicht unmittelbar von Statten gehen.

Weil in den drei höheren Wirbelthierklassen, den Schleichern, Vögeln und Säugethieren, das keimende Junge*) regelmäßig von einer eigenthümlichen durchsichtigen Eihaut, dem sogenannten Amnion, umhüllt wird, nimmt Häckel an, es müsse für sämmtliche Amnionthiere**) einen gemeinschaftlichen Stammvater gegeben haben, der eine Mittelform zwischen Salamander und Eidechse gewesen wäre***). Häckel nennt diesen Stammvater das Uramnionthier†). In ihm würde zum ersten Mal die ursprüngliche Kiemenlosigkeit zu Tage treten, obgleich Kiemenbogen ohne Kiemenblättchen im jungen Keime vorhanden waren. Mit dem Uramnionthier müßte ferner die Bildung eines dünnwandigen Schlauches beginnen, der früher oder später mit dem hinteren Ende des Darmkanals zusammenhängt und die wesentliche Rolle spielt, daß er zum Leibe des Embryo mächtig herauswachsend, bei allen Amnionthieren, welche Eier legen, die Blutgefäße der Luft und dem Nahrungsdotter entgegen-

*) Embryo.

**) Amniota.

***) Häckel, Anthropogenie, 3. Auflage, S. 483—486.

†) Uramniote, Protamnion.

trägt, bei den lebendiggebärenden dagegen die Blutgefäße des Keimes mit denen der Mutter in eine derartige Wechselbeziehung bringt, daß dem Blute des werdenden Jungen sowohl Sauerstoff, wie Nahrung zugeführt wird. Die eierlegenden Amnionthiere sind nun bekanntlich die Schleicher und Vögel, die lebendiggebärenden die Säugethiere mit Einschluß des Menschen.

Jener Schlauch trägt den Namen Urharnsack*), zunächst weil sein unterer, im Leibe des wachsenden und ausgewachsenen Thieres fortbestehender Theil die Harnblase ist, und er verdient jenen Namen, weil ihm aus den Urnieren des Keims eine Flüssigkeit zugeführt wird, die, dem Harne vergleichbar, als Urharn angesehen werden kann.

So wenig nun Häckel's Uramnionthier schon unmittelbar greifbar ist, so wird es doch hier mit dem besten Gewissen, aber auch aus Gewissenhaftigkeit, als eine vorausgesetzte aber in der hochberechtigten Annahme forschender Wißbegierde bestehende Uebergangsform vorgeführt. Die Wissenschaft kann sich auf diesem Gebiete so wenig ein Kehrtmachen**) befehlen lassen, wie auf irgend einem anderen. Der Vergleich eines solchen Stammvaters mit den Geschlechts-

---

*) Allantois.

**) „Die Wissenschaft muß umkehren." Stahl.

registern einer Sage, sei sie homerisch, mosaisch oder christlich, ist so hinkend wie nur immer möglich. Denn die Sagen wollen nicht etwa die Ueberzeugung anbahnen, daß zum Beispiel die homerischen Helden einen Vater gehabt. Das setzen sie mit ruhigem Gewissen voraus. Was sie vorspiegeln, das ist das Bestehen eines ganz bestimmten Einzelwesens, mit Namen und Zunamen, von bekanntem Wuchse, erschauten Gesichtszügen, farbigem Barte, bestimmender Gemüthsart und fest bestimmtem Handeln. Von allen solchen Kennzeichen weiß die Annahme eines Stammvaters der Amnionthiere nichts und will nichts davon wissen. Sie glaubt es dem Homer, daß seine Helden einen Vater hatten, der alle Eigenart eines Mannes an sich trug. Nur so weit begleitet die Lehre der natürlichen Abstammung alle Sage, nur so weit erfreut sie sich derselben, wie einer menschlichen Verheißung, die sie um so inniger liebt und bewundert, je reiner und menschlicher sie dichtet. Was die Stammesgeschichte ihrerseits betont, ist, daß die Amnionthiere ihren Anfang hatten, daß der Bestand eines Amnion und einer gefäßreichen Allantois, so wie die ursprüngliche Kiemenlosigkeit, das fortgeschrittene Gehirn und der so viel reicher entwickelte Blutkreislauf Merkmale sind, die, weil sie Schleichern, Vögeln, Säugern gemeinsam eignen, ihren Ursprung in einer gemeinsamen

Wurzel haben müssen, die eben im Uramnionthier zu suchen ist.

Dieses Uramnionthier ist also so wenig sagenhaft, so wenig fabelhaft oder gar romanhaft, wie die Ueberzeugung, daß Achill einen Vater hatte, oder wie die Gewißheit, daß das Hühnchen in dem Ei der Abschluß von tausend Entwicklungsstufen sein muß, jene überzeugungsselige Gewißheit, welche die Fabrizio di Acquapendente und Malpighi, die Wolff und Pander, von Baer und Remak zu entwicklungsgeschichtlichen Studien begeisterte.

Also war der Mensch in der Stammesgeschichte erst Urzelle, dann Vollzelle, und nach und nach eine kleine einfache Zellengemeinde, Flimmerlarve, Urdarmthier, Wurm, Rückenstabsthier und darauf ein Verwandter des Lanzettthierchens, um in dieser Gestalt sich zur Reihe der Wirbelthiere zu erheben.

Innerhalb der Wirbelthierreihe führt das Lanzettthierchen aufsteigend zu den Schleimfischen, Knorpelfischen, Fischlurchen, wahren Lurchen, und diese vermitteln den Fortschritt zum Uramnionthier.

Bei allen Amnionthieren nun hat nicht bloß die Vorkammer, sondern auch die Kammer des Herzens eine Scheidewand, so daß von nun an Kammer und Vorkammer doppelt vorhanden sind. Der höher entwickelten, beinahe ganz den Lungen angehörenden Athmungsverrichtung entspricht eine schärfere Sonderung zwischen dem athmenden Blute, das zum Leisten befähigt wird, und dem leistenden Blute, das gerade in Folge seiner Leistungen des Athmens bedürftig wird. Darauf beruht der Gegensatz zwischen dem Lungenkreislauf und Körperkreislauf, oder zwischen dem kleinen und dem großen Bogen des vom Blute durchlaufenen Kreises.

Was die Kiemenbogen an die Athmungswerkzeuge nicht mehr zu liefern haben, das steuern sie nunmehr wenigstens theilweise zur höheren Entwicklung des Gehörorgans der Amnionthiere bei. Und wie die Athmung von den übrigen Verrichtungen, insbesondere von denen der Haut, schärfer gesondert ist, so ist auch die Harnabsonderung bei allen ausgewachsenen Amnionthieren besonderen Drüsen, den bleibenden Nieren überwiesen, die zwar aus dem Urnierengang, aber doch unabhängig von den Urnieren entstehen. Diese Urnieren mit ihren Ausführungsgängen haben beim Embryo nicht bloß die Bedeutung einer vorübergehenden harnabsondernden Vorrichtung, sondern sie ent-

halten überdies die Anlage sehr wesentlicher Theile der späteren Geschlechtswerkzeuge. Wie der Fortschritt der Entwicklung sehr oft in Arbeitstheilung besteht, das tritt nirgends einleuchtender hervor als in dem Verhältniß der Urnieren zu den späteren bleibenden Nieren und Geschlechtswerkzeugen.

Von dem Uramnionthier findet einerseits die höhere Entwicklung in der Linie der Schleicher und Vögel, andererseits in der Richtung der Säugethiere statt.

Um den Stammbaum des Menschen höher hinauf verfolgen zu können, kommen also jetzt nur noch die Säugethiere in Betracht.

Ihr Hauptcharakter liegt in dem Besitz der Milchdrüsen, aus denen das neugeborene Junge, wenn auch nicht immer saugend, seine Nahrung bezieht.

In den inneren Theilen der Säugethiere bekundet sich die aufsteigende Entwicklung vor allen Dingen durch den stetigen Fortschritt im Hirnbau, sodann aber durch das Vorhandensein eines vollständigen Zwerchfells, welches bei keiner anderen Thierklasse eine querliegende Scheidewand darstellt, welche die Brusthöhle vollständig von der Bauchhöhle trennt.

Schließlich sind die Säugethiere vor allen anderen Thieren durch einen aus Hornstoff bestehenden Haarwuchs ausgezeichnet, der nicht etwa bloß als Hülle und Zierde, sondern auch als Hülfswerkzeug des

Tastsinns, wie namentlich Aubert und Kammler dargethan, eine wesentliche Bedeutung hat.

In der Klasse der Säugethiere steigt der Stammbaum von den Uramnionthieren zu den Kloakenthieren auf, von diesen zu den Beutelthieren, und von den Beutelthieren schließlich zu der großen Gruppe von Säugern, welche die Jungen länger in der Gebärmutter tragen, und bei welchen ein Aderkuchen die Gefäße von Keim und Mutter in so innige Wechselbeziehung bringt, daß die Frucht im Mutterleibe unmittelbar aus dem mütterlichen Blut die Stoffe schöpft, deren sie zur Ernährung und Athmung bedarf.

Die niedere Stellung der Kloakenthiere*) in der Reihe der Säugethiere wird zunächst dadurch bezeichnet, daß, genau wie es auf einer früheren Entwicklungsstufe der höchsten Säugethiere mit Einschluß des Menschen sich findet, der Mastdarm noch in offener Verbindung steht mit den Ausfuhrwegen der Geschlechts- und harnbereitenden Drüsen, oder, besser gesagt, eine gemeinsame Höhle nimmt schließlich Harn und Koth und die Geschlechtsprodukte auf. Diese gemeinsame Ausfuhrhöhle führt, weil sie Unreinem und Reinem, der Schlacke wie den Keimen den Weg bahnt, den Namen Kloake, welcher die ganze Thier-

---

*) Gabler, Monotremata, Ornithodelphia.

gruppe mit dem Namen Kloakenthiere gestempelt hat. Diese, die Schnabelthiere umfassende, Gruppe, ist nun ferner dadurch ausgezeichnet, daß ihre Vertreter noch keine Zitzen haben. Die Milch sickert durch kleine Hautöffnungen der Mutter hervor und wird von den Jungen abgeleckt. Dazu kommt noch, daß der Urharnsack sich bei den Kloakenthieren, ähnlich wie bei den Vögeln, nicht zu einem Aderkuchen, sondern zu einer mächtig wachsenden Gefäßhaut entwickelt, welche den Embryo mitsammt dem Amnion umhüllt.

Während nun die Beutelthiere*), zu welchen die Beutelratten und Kängeruhs gehören, im Verhalten des Urharnsacks mit den Kloakenthieren und folglich mit den Vögeln übereinstimmen, weichen sie von letzteren darin ab, daß nunmehr, und fortan bei allen ausgewachsenen höheren Säugern, der Mastdarm von dem Ausführungsweg des Harns wie des Eies oder Samens durch eine Scheidewand getrennt ist. Sodann haben die Beutelthiere schon wahre Zitzen. Das auszeichnendste Merkmal aber, welches ihnen den Namen gegeben, und welches sie gleich sehr von den Kloaken-, wie von den Aderkuchenthieren unterscheidet, ist der durch zwei Knochen gestützte Beutel, den sie am Bauche tragen. Dieser Beutel, in welchem die Zitzen sich befinden, ist gleichsam eine zeitliche, nicht

*) Marsupialia, Didelphia.

örtliche Fortsetzung der Gebärmutterhöhle, in welcher die in sehr unfertigem Zustande geborenen Jungen längere Zeit, beim Riesenkänguruh, das sein Junges nur einen Monat im Mutterleibe trägt, gar neun Monate lang, gehegt und gebrütet werden. Man könnte sagen, daß die keimesgeschichtliche Entwicklung der Beutelthiere theils im, theils am Mutterleibe, an den Zitzen hängend, erfolgt.

Und damit ist zugleich das Verhältniß bezeichnet, welches den Fortschritt zu den Aderkuchenthieren*) charakterisirt. Diese erlangen innerhalb der Gebärmutter einen weit höheren Grad von Ausbildung. Und dies wird gerade durch den lebhaften Austausch zwischen den Bestandtheilen des mütterlichen und embryonalen Blutes möglich gemacht, das der Aderkuchen vermittelt.

Es würde die Grenzen des Schatzes von Thatsachen, dessen es zu dem hier zu entwickelnden Gedankengang bedarf, bedeutend überschreiten, wenn jetzt versucht würde, im Einzelnen zu entwickeln, wie der Fortschritt von den Beutelthieren allmälig zu den Halbaffen und von diesen zu den Affen aufgestiegen ist.

Wer aus dem Obigen die Ueberzeugung geschöpft hat, daß wir uns von den niedersten Thieren, an der Hand der Entwicklungsgeschichte, den höheren genähert

---

*) Placentalthiere, Placentalia.

haben, daß nichts gemacht und alles geworden ist, der wird nicht mehr erstaunen, wenn ihm Huxley, der berühmte englische Zergliederer, versichert, daß keine Schöpfungskluft den Menschen von den höheren Affen trennt, sondern vielmehr ein festes Band der Verwandtschaft sie mit einander verbindet.

Nicht bloß herrscht ein größerer Unterschied im Hirn- und Schädelbau, so wie in der sonstigen Leibesbeschaffenheit, zwischen den niedriger stehenden plattnasigen Affen*) der neuen Welt und den höher entwickelten schmalnasigen Affen**) der alten, als zwischen dem Menschen und den höchst entwickelten, menschenähnlichen Affen***), sondern der Abstand zwischen den beiden letztgenannten übertrifft auch noch denjenigen, der die höchsten und niedersten Schmalnasen, d. h. den Orang, Schimpanse und Gorilla von den Meerkatzen und Pavianen trennt.

Ja, man darf noch einen Schritt weiter gehen und die Behauptung aufstellen, daß zwischen den menschenähnlichsten Affen, zwischen Gibbon, Orang, Gorilla und Schimpanse, ebenso einschneidende Unterscheidungsmerkmale aufzufinden sind, wie zwischen diesen Affengattungen und dem Menschen.

---

*) Platyrhinae.

**) Catarhinae.

***) Menschenaffen, Anthropoides.

Wer also für den Uebergang, der zwischen den Menschenaffen stattfindet, sein Auge nicht verschließen kann, der muß auch die Brücke sehen und zeigen, welche den Menschen mit seinen nächsten Verwandten, den ihm ähnlichsten Affen verbindet. Er muß es namentlich den Schullehrern zeigen, die keine Kinder sind und besser als viele Hochschullehrer darin erfahren sein dürften, was man den Kindern sagen darf, und was man ihnen einstweilen besser vorenthalten muß, um sie nicht zu verwirren oder zu überreizen. Oberste Regel muß es dabei immer bleiben, daß man ihnen die Wahrheit nicht verbirgt, am wenigsten, indem man ihnen Sage für Wissen aufnöthigt, und dann wird es selbst den Kindern nur frommen, wenn ihnen gezeigt wird, wie viele Lücken unser Wissen noch als Stückwerk erscheinen lassen.

Es kann daher nicht genug gebilligt werden, wenn Häckel wiederholt darauf hinweist und es mit allem Nachdruck betont, daß es im höchsten Grade ungerechtfertigt sein würde, wenn man diesen oder jenen bestimmten Menschenaffen als den unmittelbaren Stammvater des Menschengeschlechts bezeichnen wollte. Eben=

so wenig kann das Lanzettthierchen, gerade wie es heute noch lebt, für das sichere Bindeglied zwischen den Wirbellosen und Wirbelthieren gelten. Und welche Form und besondere Eigenschaften jene Urzelle besaß, mit welcher das Leben der Organismen auf Erden seinen Anfang nahm, vermag Niemand zu sagen und Niemand hat sich vermessen, es zu thun.

Das was der erste kühne, aber von tiefem und ausgebreitetem Wissen eingegebene Versuch einer Stammesgeschichte des Menschen aus dem Gesichtpunkt der Naturkunde beweist, hat seinen Schwerpunkt in der Erkenntniß, daß wir nicht Schöpfungsthaten, sondern einem langsam sich entwickelnden Werden und Weben unseren Ursprung verdanken, daß das Leben in der Form einfachster Organismen auf der Erde einen Anfang gehabt, nicht weil eine Lebenskraft als neuer Zaubermeister sich plötzlich der Elemente bemächtigte, sondern weil die Umstände im Verein gegeben waren, unter denen sich unorganische Stoffe zu einer organischen Verbindung zusammenfügen konnten, aus der eine Urzelle keimte.

So wenig als ein Menschenleben genügt, um alle Entwicklungszeiten einer gesunden, kräftigen Eiche von ihrem Keimen bis zu ihrem Tode zu erleben, so wenig gelingt es, die Uebergänge zu erspähen, welche die Stammväter auch nur mit ihren nächsten Kindern verbinden.

Und dennoch für diejenigen, die nicht das Gras wollen wachsen sehen, haben die Untersuchung der Formen, welche die Erdschichten bergen, und die vergleichende Zergliederung der Organismen eine solche Fülle von Mittelformen kennen gelehrt, daß die Verkettung zur Gewißheit erhoben ist, und wir uns Alle rühmen dürfen, mehr als sechszehn Ahnen zu haben.

Denn was früher im Allgemeinen dargestellt wurde, daß nämlich mit der Jugend der Erdschichten die Vervollkommnung der Organismen Schritt hält, das wiederholt sich im Einzelnen für die Säugethiere. Oder ist es nicht bezeichnend, daß während in der alten oder Primärzeit noch gar keine Säugethiere lebten, die Beutelthiere schon in dem mittleren oder secundären Zeitalter der Erdgeschichte entwickelt waren, die Aderkuchenthiere, und zwar auch schon Schwanzaffen*), der Neuzeit oder Tertiärzeit angehören, und der Mensch schließlich erst in der jüngsten oder Quaternärzeit auf der Erde erscheint?

Wo und wie der Affe Mensch geworden, das hat uns freilich die Erdrinde bisher nicht offenbart. Und wenn sie es in Anbetracht des Vielen, was zu Grunde gegangen, und des Wenigen, was unmittelbarer Beobachtung zugänglich ist, niemals im Einzelnen offen=

---

*) Menocerca.

baren sollte, so kann das die Wissenschaft nicht irren, so viel auch die Freunde kirchlicher oder staatlicher Vormundschaft darin eine Handhabe zu finden wähnen, weil sie die mächtigen Ursachen des Verschwindens der Mittelformen und die Schwierigkeit sie zu erhaschen gering schätzen.

Darwin's Lehre vom Kampf um's Dasein hat das Ausfallen der Uebergangsformen in der That auf's Befriedigendste beleuchtet. Wo sich immer innerhalb einer Thier- oder Pflanzenart die Einzelwesen übermäßig vermehrt haben, wird der Fall eintreten, daß nicht alle in ihrer Umgebung die Bedingungen vereint finden, die zur Erhaltung ihres Lebens erforderlich sind. Die einander unähnlichsten Einzelwesen werden dann die verschiedensten Bedürfnisse haben. Sie werden deshalb am leichtesten in demselben Gaue neben einander fortbestehen, am leichtesten im Kampf um's Dasein den Sieg davon tragen. Zunächst noch als Angehörige derselben Art erkenntlich, pflegt sie die Naturgeschichte nur als Abarten*) anzuerkennen. Aber indem sich von Geschlecht zu Geschlecht die Eigenart ihres Wesens fortpflanzt, indem sich zu dem durch Erblichkeit Erworbenen die Wirkung der Anpassung an eine gegebene Außenwelt hinzufügt, steigert sich die Unähnlichkeit der Nachkommen, und während die

*) Varietäten, Spielarten.

Zwischenformen, denen die Außenverhältnisse und die unerbittliche Noth der Mitbewerbung ungünstig waren, unterliegen, gehen die anfänglich nur als Abarten in einander spielenden Formen so weit aus einander, daß sie in wirkliche Arten geschieden werden*).

Im Kleinen, in seinen Anfängen läßt sich ein Gleichniß zu diesem Geschehen, wie es sich in der Natur in Jahrtausenden, in Aeonen abspielt, an jeder Menschenfamilie beobachten, die aus einer großen Anzahl von Einzelwesen besteht. Da gleichen unter den Kindern die einen mehr der Mutter, die anderen mehr dem Vater. Jene zeichnen sich aus durch ein schöpferisches Talent in Kunst und Wissenschaft, diese durch Klugheit und Thatkraft, um die Zügel des Staats oder die Waffen im Krieg zu führen. Sie pflanzen sich fort, weil sie, im Kampf um das Dasein Anerkennung findend, die Mittel erwerben, die zur Gründung einer Familie, zur Pflege und Erziehung, zur Ausbildung und Hingabe an bestimmte Talente erforderlich sind. Nun kommt es, daß einer der durch Kunstsinn ausgezeichneten Söhne eine Gattin findet, die den Sinn für Klang und Maaß in der Tonfolge ererbt und entwickelt hat. Ein Musiker wird geboren, der sich, wenn die Umstände günstig sind, als der Stammvater eines Geschlechts von Musikern aus-

*) Divergenz der Arten.

weist, wie wir es etwa in der Familie Bach bewundern. Aber zwischen den Künstlern und Helden, zwischen den Weisen und Staatsmännern wachsen in jener Familie eine Anzahl mittelmäßiger Söhne auf, denen es nicht gelang, im Wettkampf der Mitbewerber einen ausgezeichneten Platz in der menschlichen Gesellschaft zu erringen. Nicht immer ist das Elend an ihre Sohlen geheftet. Aber sie freien kein hochbegabtes Weib. Ihre Familie steigt nicht im Bogen des Lebens. Die Nachkommen verlieren sich in der Schaar der wenig Begabten und wenig Bemittelten, während die jener Helden oder Dichter in ihren Zügen, in ihrem Wesen, in ihrem Thun und Sinnen nach und nach eine solche Unähnlichkeit erwerben, daß man von einer Rassenverschiedenheit spricht, die in ihren Kennzeichen die Unterscheidungsmerkmale vieler sogenannter „guter" Arten der Naturforscher weit genug hinter sich zurücklassen kann.

Durch solche Betrachtungen kam Darwin dazu, die verschiedenen Arten einer Gattung nur als ungleichmäßig entwickelte Abkömmlinge Eines Stammvaters anzusehen, in denen sich kleine Unterschiede, wie sie für ein geübtes Auge Einzelwesen unterscheidbar machen, durch Erblichkeit erhalten und durch den Einfluß der Außenverhältnisse gesteigert haben, während im Kampf um's Dasein diejenigen Formen, welche

nichts Auszeichnendes an sich tragen, sich gegenseitig verdrängten und die Unterschiede zwischen den Ueberlebenden im Lauf der Zeiten immer fühlbarer machten.

Aus diesem Grundgedanken, den die künstliche Züchtung in so handgreiflicher und nutzbringender Weise verwerthet, ergeben sich zugleich die Wandelbarkeit der Art und die Vervollkommnung der Organismen.

Alle Taubenrassen sind nach Darwin von einem einzigen Stammvater, der sogenannten blauen Haustaube*), herzuleiten, und doch zeigen dieselben nicht bloß in Form und Farbe, in der Gesammtheit ihrer äußeren Tracht, sondern sogar im Knochenbau einen solchen Grad von Wandelbarkeit, daß die verschiedenen Rassen, die ein Taubenliebhaber in seinem Schlage vereint, leicht für verschiedene Gattungen gehalten werden könnten, wenn sie ein Naturforscher im verwilderten Zustande vorfände.

Es ist ein Anklingen an alte, unberechtigte Vorstellungen, ein Armuthszeugniß unseres Wissens, wenn man diese Abarten gewissermaßen als Folgen eines Naturspieles**), als Spielarten bezeichnet. Weil man in tausend Fällen die Beziehung zwischen der abwandelnden Ursache und den der Außenwelt angepaßten

---

*) Columba livia.

**) Lusus naturae.

Formen, den Grad und Ursprung der Erbmale nicht erkennt, spricht man von Zufälligkeiten oder Naturspielen, ähnlich, wie man von freiem Willen spricht, wenn man sich der ursächlichen Verkettung seines Handelns nicht bewußt ist.

Aber eine aufmerksame Beobachtung lehrt immer mehr Bezüge kennen, aus welchen klar hervorgeht, daß ein leiser Anstoß der Außenwelt genügt, um Formen und Lebensveränderungen zu bedingen, die, nachdem sie an irgend einer Stelle in den Organismus eingedrungen sind, ihn ganz in seine Gewalt nehmen, so daß ein Glied am anderen hängend den allseitig durchdringenden Einfluß eines jeden Eingriffs mit erleidet.

Die Ringelnatter legt ihre Eier in den Sand, und die gelegten Eier brauchen noch drei Wochen zu ihrer Entwicklung. Sperrt man aber diese Schlange in einen Käfig, ohne Sand auf den Boden zu streuen, dann wird sie aus einem eierlegenden ein lebendiggebärendes Thier, d. h. sie trägt die Eier bei sich, bis die Jungen entwickelt sind.

Während wilde Enten und Hühner ausgezeichnet fliegen und dem entsprechend starke Flügelknochen haben, gewöhnen sich dieselben Vögel in der Gefangenschaft daran, mehr zu gehen, als zu fliegen, und in Folge dessen bekommen die Knochen der Beine

das Uebergewicht. Darwin hat mittelst genauer Messungen und Wägungen dargethan, daß bei der wilden Ente die Flügelknochen stärker, die Beinknochen schwächer entwickelt sind als bei der zahmen.

Eines der auffallendsten Beispiele dieser Art liefern die herabhängenden Ohren der Hunde und Kaninchen. Im gezähmten Zustande haben diese Thiere das Bedürfniß verloren, ihre Ohren zu spitzen, um auf einen nahenden Feind zu lauschen, und in Folge dessen die Kraft der Ohrenmuskeln eingebüßt.

Wenn man sich nun daran erinnert, daß es Molche giebt, die gewöhnlich die Kiemen, die sie im Larvenzustand besitzen, abwerfen, sie aber beibehalten, wenn man sie zwingt, im Wasser zu bleiben und aus dem Wasser Sauerstoff zu schöpfen; wenn man bedenkt, daß gerade umgekehrt ein mexikanischer Kiemenmolch*), der seinen Namen eben dem Umstande verdankt, daß er, im Wasser lebend, zeitlebens äußere Kiemen trägt, sie verliert, wenn er auf's Land kommt, um nur durch Lungen zu athmen: so läßt sich kein beredteres Beispiel denken, um zugleich im Allgemeinen die Wandelbarkeit der Art und insbesondere die Abhängigkeit ihrer Kennzeichen von äußeren Einflüßen geltend zu machen.

Wer aber könnte befangen genug sein, um Angesichts solcher Thatsachen an einer nothwendigen

*) Axolotl, Siredon pisciformis.

Beziehung zu zweifeln, wenn er erfährt, daß die Taubenrassen, die lange Beine haben, ebenso wie Storch und Kranich, auch durch lange Schnäbel ausgezeichnet sind?

Um Vervollkommnung handelt es sich aber darum in diesen Beispielen, weil der Bestand des Organismus siegreich daraus hervorgeht, daß sich eines seiner Werkzeuge den Bedingungen der Außenwelt fügen konnte, und daraus dann die Anpassung des einen Werkzeugs an das andere folgte.

Mit allen diesen Erwägungen soll nun freilich die Aufgabe nicht in den Hintergrund gedrängt werden, das Wie der Umwandlung und Vervollkommnung zu erforschen. Nur das wolle man nicht vergessen, daß die Frage richtig gestellt ist, und daß uns Darwin eine klare Einsicht in die Gründe gegeben hat, warum dem Suchen nach Uebergangsformen eine unüberwindliche Schranke gezogen ist.

Es darf uns deshalb nicht Wunder nehmen, daß zwischen den menschenähnlichsten Affen und dem Menschen, wenn auch keine Kluft, doch eine Lücke be-

steht, die bisher durch die Beobachtung allmäliger Uebergangsformen nicht ausgefüllt ist.

Vielleicht ist es ein Hirngespinst, die Auffindung eines Menschenaffen, der als ein Affenmensch*), als eine Art der Menschengattung oder gar nur als Abart derselben zu betrachten wäre, anzustreben.

Die Kennzeichen der Menschenaffen, welche die allmälige Entwicklung des Menschen verkünden, in Einem thierischen Wesen vereinigt zu erwarten, das dann gewissermaßen nur einer letzten leichten Umwandlung bedürfte, um völlig Mensch zu sein, verräth eine Vorstellung, die immer noch der Annahme huldigt, daß ein Bildner aus Thon so lange an seinen Entwürfen modelte, bis er endlich durch die letzte Berührung das Ideal des Menschen hervorgebracht. Ist es nicht natürlicher anzunehmen, daß des Menschen Brustkasten im Gibbon, seine Hand und sein Fuß im Gorilla, sein Schädel im Schimpanse, sein Hirn im Orang aufdämmert?

Wer dennoch die Aehnlichkeiten, die den Uebergang vom Affen zum Menschen in's Leben rufen, alle in einem einzelnen Geschöpfe vereint zu finden wünscht, der muß sich wenigstens gedulden und den Suchenden eine unbeschränkte Frist mit günstigeren Umständen zu Gebot stellen, als ihnen bisher zu Theil geworden sind.

---

*) Pithecanthropus. Häckel.

Allerdings hat man Menschenknochen und sehr ursprüngliche Steinwerkzeuge, Feuersteinmesser, Kieseläxte und einfaches Knochengeräthe an verschiedenen Stellen, in Höhlen und im Inneren von Erdschichten, die zu den ältesten der Quartärzeit gehören, in Gesellschaft von Mammuthsknochen*) angetroffen. Man schließt daraus, daß der Mensch an der Grenze der Neuzeit und der jüngsten Zeit, in jenem merkwürdigen Zeitalter gelebt haben muß, in welchem nach den Forschungen von Karl Schimper, Charpentier und Agassiz in den gemäßigten Zonen Eiseskälte herrschte. Aber die Zahl von Schädeln, die man aus jener Zeit bisher entdeckt hat, ist so gering, daß mehr als die Gunst der Umstände erforderlich gewesen wäre, um darunter jene niedrigste Menschenform zu treffen, welche die Lücke zwischen den Menschen und Affenmenschen von oben nach unten hätte verkleinern können.

Von zwei genauer untersuchten Schädeln gehörte das im Jahre 1833 bei Engis in der Provinz Lüttich von Schmerling gefundene Schädeldach nach Huxley's genauer und vorurtheilsfreier Forschung zu jener mittleren Schädelform, welche zwischen einem australischen und europäischen Schädel hin und her schwankt. Trotz der leichten Abplattung am Hinter-

*) Mammuth, Mammuthelephant, Elephas primigenius.

haupt, welche dieser Schädel von Engis mit manchen australischen gemein hat, trägt er kein Zeichen, das ihm eine niedere Stellung anwiese, so daß Huxley, der ihn unter neuen Schädeln keiner bestimmten Rasse einzureihen wüßte, es dahin gestellt sein läßt, ob er das Hirn eines Weißen oder Wilden überwölbte*).

Viel weniger entwickelt ist der Schädel, den Fuhlrott im Jahre 1857 in der Neanderhöhle zwischen Düsseldorf und Elberfeld, unweit der Düssel, entdeckte. Wie dem Lütticher Schädel fehlten auch diesem die Antlitzknochen, deren Verhältniß zu den Schädelknochen im engeren Sinne so wichtig ist, um über die Rangordnung eines Kopfes in der Entwicklungsreihe der Menschenrassen zu urtheilen. Ein flacher Hinterkopf, eine schmale und niedrige Stirn mit sehr stark aufgetriebenen Augenbrauenrändern, die außerordentlich weiten Stirnhöhlen entsprechen, eine lange, geradlinige Nath zwischen Scheitelbein und Schläfenbein sind lauter Kennzeichen, die den Neanderthaler Schädel den Affenschädeln nahe stellen**).

---

*) Huxley, Evidence as to man's place in nature, London and Edinburgh, 1863, p. 119—128, 156 . . . „there is no mark of degradation about any part of its structure. It is, in fact, a fair average human skull, which might have belonged to a philosopher, or might have contained the thoughtless brains of a savage.“ p. 156.

**) Huxley, a. a. O. p. 130 und folg., 156, 157. „Under whatever aspect we view this cranium (the Neanderthal

Dennoch besitzt derselbe einen Rauminhalt, der ihn nach Schaaffhausen, der am meisten zur Kenntniß dieses Schädels beigetragen hat, den Schädeln der Hottentotten und Polynesier vergleichbar macht.

Hoch stehen aber diese Schädel keinenfalls, so wenig wie jene schiefzähnigen, die man zusammen mit Rennthierresten an verschiedenen Orten in Frankreich aufgefunden hat*), aber immerhin so hoch, daß man mit der größten Wahrscheinlichkeit schließen darf, das Alter des Menschengeschlechts reiche über den Anfang der jüngsten Zeit, über die Eiszeit hinaus, in einen Zeitraum, der für das Menschenbewußtsein altersgrau, chimaerisch, für die Erdgeschichte aber neu erscheint.

Keinenfalls wird man aus der für ihre Zeit hoch stehenden Entwicklung der paar genauer untersuchten Schädel, welche Zeitgenossen des Mammuth angehört haben, schließen wollen, daß zu Anfang der Eiszeit ein Menschenthum erschaffen wurde, das im Verlauf von Jahrtausenden einer Rückbildung anheim fiel, wie man dies etwa für die Wölfe annehmen könnte, deren vor hundert Jahren bei Kassel ausgegrabene Köpfe

---

skull), whether we regard its vertical depression, the enormous thickness of its superciliary ridges, its sloping occiput, or its long and straight squamosal suture, we meet with ape-like characters, stamping it as the most pithecoid of human crania yet discovered.“ p. 156.

*) Hann, v. Hochstetter und Pokorny, Allgemeine Erdkunde, Prag 1875, S. 273.

Georg Forster beinahe doppelt so groß fand wie die Schädel der damals lebenden Wölfe.*)

Für diejenigen, die sich aus dem großen Buch der von der Erde selbst geschriebenen Geschichte keine Ueberzeugung herauslesen können, wird die leichter zugängliche Geschichte der Menschheit größere Ueberredungskraft besitzen. Prichard, der Gelegenheit hatte, Schädel der alten Britten aus verschiedenen alten Grabstätten zu untersuchen, steht nicht an zu erklären, daß die Schädel der jetzt lebenden Engländer sich im Allgemeinen durch einen größeren Rauminhalt vor jenen alten Schädeln auszeichnen, ein Vortheil, der besonders auf eine mächtigere Entwicklung der Stirn zu beziehen ist, die er bei den alten Britten auffallend schmal fand**). Es folgt daraus, daß bei einem gebildeten, in unablässiger geistiger Arbeit begriffenem Volke, wie die Engländer sind, die Vorderlappen des Gehirns nach und nach eine höhere Ausbildung erreicht haben.

Ebenso fand Broca die Schädel aus Pariser Gräbern des neunzehnten Jahrhunderts geräumiger

---

*) Georg Forster's Briefwechsel mit S. Th. Sömmering, herausgegeben von Hermann Hettner, Braunschweig 1877, S. 8.

**) Prichard, Physical history of Mankind, 3d edition, London 1838—1847, vol. I, p. 305, vol. III, p. 200.

als die aus Grabgewölben des zwölften, und zwar in dem Verhältniß von 1484 zu 1426.

Umgekehrt ist es Thatsache, daß die niederen Menschenrassen überall, wo sie mit höher entwickelten zusammenstoßen, im Absterben begriffen sind. Es ist daher keine gewagte Annahme, wenn Darwin glaubt, daß nach Jahrhunderten die gebildeten Menschenrassen die wilden ausgerottet haben werden, was Schaaffhausen auf die menschenähnlichen Affen ausdehnt*). Offenbar wird dann die Kluft, die zwischen Menschen und Affen übrig geblieben sein wird, größer sein als die jetzt bestehende. Und kein Beispiel dürfte geeigneter sein, die Lehre dem Verstande nahe zu rücken, daß Lücken zwischen den bestehenden Wesen durch den Untergang der Zwischenformen bedingt sind**).

Das wäre denn das oberste Ergebniß dieses Versuchs einer Stammesgeschichte des Menschen, daß die höheren Organismen nur von anderen, niedriger

*) Darwin, the descent of man, London 1871, vol. I, p. 201.

**) . . . „we have every reason to believe that breaks in the series are simply the result of many forms having become extinct." Darwin, a. a. O. p. 187.

stehenden abgeleitet werden können, daß aber der niedrigste von allen, in Gestalt von einfachsten, noch kernlosen Urzellen das organische Leben auf der Erde beginnen mußte, also nicht selbst aus einer dem Ei vergleichbaren Zelle hervorgehen konnte. Dieser Anfang des organischen Lebens bezeichnet die Urzeugung.

Von der Urzelle zur Kernzelle aufsteigend, von der einfachen Kernzelle zur Zellengemeinde, dann nach und nach Flimmerlarve, Urdarmthier, Wurm, Rückenstabsthier, schädelloses Wirbelthier, Rundmäuler, Knorpelfisch, Doppelathmer, Lurche, Uramnionthier, Kloakenthier, Beutelthier, Aderkuchenthier, um innerhalb der Gruppe der mit letzterem Namen belegten höchsten Säugethiere nach und nach zu den Halbaffen, Affen, Menschenaffen eine fortschreitende Entwicklung zu erleben, und endlich Mensch geworden, innerhalb des Menschenthums sich weiter bildend, hat der Mensch eine Stammesgeschichte durchlebt, die dem ruhigen Betrachter ebenso viel Geduld und Bescheidenheit, als Befriedigung gewähren kann.

Der Anfang ist niedrig, und doch kaum niedriger als der aus dem Erdenkloß der mosaischen Sage; die Züge der einzelnen Geschlechter verlieren sich in die Dämmerung einer unbestimmten Vorzeit; die Verwandtschaft muß oft der selbstgefälligen Spiegelung in Aehnlichkeiten entsagen; der Nachkömmling den

Urvater erkennen, obgleich die Mittelformen unbekannt sind und öfters fehlen; die „Krone der Schöpfung" muß sich bescheiden, eine Knospe am Stamm der Thierheit zu sein, das Thier im Menschen ehren, den Menschenkeim im Thier bemitleiden; der Weiseste muß fühlen, daß nicht er die Welt zu lenken berufen ist, sondern daß in ihm die Weltseele denkt und schafft. Und dennoch darf er sich freuen, daß aus so bescheidenem Ursprung, nach festen ehernen Gesetzen, eine Bewußtseinsstufe erstiegen wurde, die nicht weniger hoch ist, weil sie Vorstufen hat, noch weniger fest, weil sie nach allen Seiten naturbedingt, naturverwandt, naturnothwendig ist, nicht weniger leuchtend als eine Welle, die die Sonne bescheint, nicht weniger vergänglich, aber eben so sicher wiederkehrend bis eben die Sonne die Erde bescheinen wird.

Niemand bezweifelt, daß in der Entwicklungsgeschichte eines Einzelwesens, in seiner Keimesgeschichte, unter den Bildungsstufen, die es von der ersten Anlage des Keimes bis zu seiner vollständigen Gestaltentwicklung und von dieser bis zu seiner höchsten

Leistungsfähigkeit durchläuft, die späteren Gestalten die höher entwickelten sind.

Dieses natürliche Verhältniß, welches ja nur ein anderer Ausdruck für das Reifen ist, giebt nun ein sehr förderliches Hülfsmittel an die Hand, um in zweifelhaften Fällen darüber zu entscheiden, ob in einer gegebenen Thierreihe eine Form als die höher oder niedriger entwickelte angesehen werden muß. Es ist klar, daß unter denjenigen Thieren, die eine gemeinsame Stammesgeschichte haben, diejenige Art oder Gattung, welche einer reiferen Bildungsstufe in der Keimesgeschichte eines hoch entwickelten Sprößlings des Stammes entspricht, auch eine höhere Entwicklungsstufe in der Stammesgeschichte vorstellt.

Mehr oder weniger bewußt haben sich die Naturforscher schon seit langer Zeit von diesem Grundgedanken leiten lassen, um die höhere oder niedere Stellung der Organismen in der Entwicklungsreihe zu beurtheilen. Aber einen festen Halt konnten diese Bestrebungen erst von da an gewinnen, als man zur Einsicht gekommen war, daß nicht alle Thiere zusammen Ahnen und Enkel Einer einzigen geradlinig fortlaufenden Stammesgeschichte sind, sondern daß sich der Stammbaum in Aeste theilt, die zwar alle auf den gemeinschaftlichen Grundstock zurückzuführen sind, die aber in Spitzen auslaufen, welche außer jener

ursprünglichsten Gemeinschaft, unter sich keine Stammverwandtschaft besitzen.

Es lag daher sehr nahe, daß in den frühesten Zeiten der Wissenschaft manche Vergleiche angestellt wurden, die im Grunde mehr einen spielenden, als einen ernsten geschichtlichen Charakter hatten, und umgekehrt, daß man, als einmal die unsichere Grundlage solcher Vergleiche erkannt war, aus Furcht vor dem Irrthum bisweilen auch diejenigen aufgab, denen bei gründlicher Untersuchung eine tiefe Beziehung nicht abgesprochen werden konnte. Die Keimesgeschichte hat in Folge dessen wiederholt eine Umtaufe mancher ihrer Kunstausdrücke erfahren müssen.

Wenn aber früher die Keimesgeschichte auf die Rangordnung der Organismen manches Licht geworfen, so hat ihr die in neuester Zeit von Häckel angebaute Stammesgeschichte hell leuchtende Strahlen zurückgesandt.

Eine sorgfältige Vergleichung der Stammesgeschichte mit der Keimesgeschichte hat nämlich zu der Einsicht geführt, daß die Entwicklungsgeschichte eines jeden Keims der höchsten Abkömmlinge eines Stammes die Stammesgeschichte in ihren Grundzügen wiederholt, nur daß bei dieser Wiederholung Abkürzungen stattfinden, in deren Folge man die Keimesgeschichte

gleichsam als einen Auszug aus der Stammesgeschichte betrachten könnte.

Eben dieses Verhältniß zwischen den Entwicklungsgeschichten des Keimes und des Stammes hat Häckel als das Gesetz der Lebensentfaltung*) bezeichnet.

Im Lichte der Stammesgeschichte betrachtet fängt nun merkwürdiger Weise die Keimesgeschichte des Menschen mit einem Rückschritt an. Denn das Ei des menschlichen Weibes, das im Eierstock eine vollständige Kernzelle darstellt, sinkt vor der Befruchtung durch das Verschwinden seines Keimes, des sogenannten Keimbläschens, auf die Stufe einer einfachen Urzelle zurück.

Im Dotter des Eies bildet sich in Folge der Befruchtung ein neuer Kern, so daß nun wieder eine Vollzelle besteht, die an Bildungswerth dem Wechselthierchen der Stammesgeschichte zu vergleichen ist. Es wurde oben die Aehnlichkeit der Wechselthierchen mit den Eiern mancher niederen Thiere hervorgehoben, eine Aehnlichkeit, die z. B. bei den Eiern der Kalkschwämme so weit geht, daß sie einst geradezu für wandernde Wechselthierchen gehalten wurden, die auf ihren Irrfahrten in einen Schwamm eingedrungen wären. Dem muß nun hinzugefügt werden, daß Pflüger auch an unreifen Säugethiereiern, an denen

---

*) Biogenetisches Grundgesetz. Häckel.

der Katze z. B., Bewegungen beobachtet hat, wie sie den Keimstoff der Wechselthierchen auszeichnen. Van Beneden sah sie am Dotter von Kaninchen-eiern zur Zeit des Schwindens des Keimbläschens*).

Ist erst die Urzelle wieder zur Vollzelle aufgestiegen, dann findet an deren Kern und Dotterinhalt jene Theilung statt, die zur Bildung einer großen Anzahl von kernhaltigen Zellen führt, welche gewöhnlich als Furchungskugeln bezeichnet werden.

Es entsteht nämlich an der Oberfläche des kugeligen Dotters, während der neugebildete Kern sich theilt, eine Furche, die sich nach und nach immer tiefer einsenkt und den Dotter in zwei Kugeln zerlegt. Eine jede von diesen zerfällt durch eine ähnliche Furchung in zwei rundliche kernhaltige Kugeln, so daß deren nunmehr im Ganzen vier bestehen, und so geht es fort, bis ein Haufen zahlreicher Zellen entstanden ist, die, weil sie an der Oberfläche des Dotters höckerig hervorragen, diesem ein Ansehen ertheilen, das einer Maulbeere gleicht**). Auf dieser Stufe erinnert

---

*) Edouard van Beneden, la maturation de l'oeuf, et les premières phases du développement embryonnaire des mammifères, d'après des recherches faites chez le Lapin. Bulletins de l'Académie de Bruxelles, 2 série, T. XL, 1875, p. 692.

**) Maulbeerkeim, Morula. Häckel. Van Beneden konnte jene Maulbeerform beim Kaninchen nicht wahrnehmen; a. a. O. p. 714. Aber Bischoff hat sie nicht nur für das

der Keim an ein vielzelliges Urthier, an eine Zellgemeinde*), in der aber die sämmtlichen Zellen nicht mehr durchaus mit gleichen Eigenschaften ausgerüstet sind und deshalb auch, Kindern von verschiedenen Anlagen vergleichbar, nicht dieselbe Zukunft haben.

Die Theilung war nämlich eine Scheidung.

Schon die beiden ersten Zellen, die aus der Furchung hervorgingen, waren ungleich groß. Die größere ist heller, durchsichtiger, sie wird durch Karmin, durch Osmiumsäure weniger lebhaft gefärbt als die kleinere, welche dunkler und weicher ist**).

Die Furchungsprodukte der helleren, größeren, festeren Zelle bleiben dieser ähnlich, der Nachwuchs der kleineren, dunkleren, weicheren gleicht dieser.

So wie die Furchung bis zur Bildung von acht Zellen vorangeschritten ist, vermehren sich die helleren, größeren Zellen rascher als die dunkleren kleineren. (Bischoff, Reichert, Eduard van Beneden). Zugleich rücken jene an die Oberfläche, während diese das Innere des Dotters einnehmen. Nur an Einer

---

Kaninchen, sondern auch für das Hunde-Ei beschrieben und abgebildet. Siehe Th. Ludw. Wilh. Bischoff, Entwicklungsgeschichte des Kaninchen-Eies, Braunschweig, 1842, Tafel IV, Fig. 28, 30; und Entwicklungsgeschichte des Hunde-Eies, Braunschweig, 1845, Tafel II, Fig. 16. Von den Eiern zahlreicher Wirbellosen ist diese Maulbeerstufe allgemein bekannt.

*) Synamoebium, vgl. oben S. 92, 93.

**) Van Beneden, a. a. O. p. 706.

Stelle erreichen die inneren Zellen die Oberfläche, und die Lücke zwischen den äußeren Zellen, die sie verstopfen, wird als Urmund, der Zellenhaufen selbst als Darmlarve*) bezeichnet.

Etwas später bilden die hellen äußeren Zellen ein Blatt, welches das äußere Keimblatt darstellt. Ihm liegt an einer kleinen, scheibenförmig begrenzten Stelle eine Schicht der dunkleren weichen Zellen an, welche das innere Keimblatt bilden. Die betreffende aus beiden Keimblättern bestehende Scheibe nennt van Beneden die Keimdarmscheibe**).

Aus den Zellen des inneren Blattes gehen alle die Zellen hervor, welche dereinst die innere Oberfläche des Darmes überziehen, so wie alle wesentlichen Zellen der Magen- und Darmdrüsen. Die Zellen des äußeren Keimblatts dagegen liefern in Zukunft die Bautheile von Hirn und Rückenmark und die oberflächlichen Horngebilde des Körpers. Da nun jene Darmzellen mit dem Ernährungsleben, diese äußeren Keimblattzellen mit dem Empfindungs- und Denkvermögen in der nächsten Beziehung stehen, so ist die erste Theilung des Dotters, aus der eine Mutterzelle für die Darmzellen und eine andere für die

---

*) Gastrula, Häckel; Metagastrula, van Beneden. Van Beneden a. a. O. p. 714.

**) Gastrodiscus. Van Beneden, a. a. O. p. 720.

Denkzellen hervorging, sogleich als eine Arbeitstheilung im keimenden Organismus anzusehen.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß man diese ersten Entwicklungsstufen zwar bei Säugethieren, bisher aber nicht am Ei des menschlichen Weibes kennt. Da indeß das ursprüngliche Ei und alle späteren Keimesformen, die es durchläuft, in allen Grundmerkmalen mit den entsprechenden Entwicklungsstufen der Säugethiere übereinstimmen, und die jüngsten menschlischen Embryonen, die man kennt, von denen der Säugethiere nicht mehr abweichen als die verschiedener Säugethiere, oder etwa die der Taube und des Hühnchens von einander, so bezieht man mit Fug und Recht das was man, hauptsächlich durch die Forschungen Theodor Bischoff's und van Beneden's, über die ersten Keimeszustände der Säugethiere weiß, ohne Weiteres auf die Entwicklungsgeschichte des Menschen.

Im Fortschritt der Entwicklung begegnet man zwischen dem äußeren und inneren Keimblatt einem mittleren. Die Längsrichtung des Keims wird nun deutlich ausgeprägt, indem sich der Achsentheil des äußeren Keimblatts an seinen Rändern erhebt, um das Markrohr zu bilden, während die Ränder des inneren sich senken, um zunächst nur eine Darmrinne, viel später erst ein Darmrohr zu bilden. In

diesem Zeitraum, in dem die wichtigsten Theile des Nervensystems und der Verdauungsorgane eben erst angelegt werden, findet sich zwischen Markrohr und Darmrinne als Achse der künftigen Wirbelkörper jener Achsenstab oder Rückenstab*), der den Keim der Säugethiere zu einem Rückenstabsthier**) stempelt und ihn einer Ascidie oder Salpe vergleichbar macht.

Wenn das Markrohr sich schließt, indem sich die Ränder des Achsentheils des äußeren Keimblatts begegnen, ist anfangs an seinem vorderen Ende eine kleine, nach oben noch offene Erweiterung vorhanden, die sich später schließt und zum ersten Hirnbläschen wird. Neben dem Rückenstab haben sich bereits Urwirbel gebildet, aus denen später außer einem Theil der Wirbelkörper auch die Wirbelbogen, Muskeln und Nerven hervorgehen werden. Alles was vor diesen Urwirbeln liegt, wird dereinst zum Kopfe gehören, aber es ist noch kein gesonderter Schädel vorhanden. Der Embryo gleicht einem schädellosen Wirbelthier, ohne Glieder, wie das Lanzettthierchen.

Glieder und Kiefer fehlen auch noch, nachdem sich am vorderen Ende des Markrohrs bereits fünf Hirn-

---

*) Chorda dorsalis.

**) Chordonier. Siehe oben S. 96.

bläschen gebildet haben, von denen das vorderste die Anlage der Großhirnlappen, das hinterste die des verlängerten Marks darstellt. Um diese Zeit ist der Schädel angelegt, man erkennt die erste Bildung der Nasengruben, der Augen- und Ohrenbläschen. Das Herz klopft. Es liegt nahe, diese Entwicklungsstufe mit einem kieferlosen Schädelthier, mit einem Rundmäuler zu vergleichen.

Nun sprossen an den Seitenrändern des mittleren Keimblatts die Gliedmaßen hervor, anfangs in der Form von kleinen Knospen, die bald plump schaufelartig werden und in gleicher Gestalt, von den Fischen aufwärts, bei allen Wirbelthieren auftreten. Man kann sie daher ebenso gut als erste Anlage der Flossen deuten, wie als Vorstufe von Flügeln oder von Armen und Beinen. An einen Fisch hat aber die unbefangenen ersten Beobachter sogleich das Vorhandensein der Kiemenspalten erinnert, die eine nach der anderen entstehen, und von denen beim menschlichen Embryo in der dritten Woche drei, in der vierten vier vorhanden sind. Sie bilden sich in dem vorderen Theil des Darmrohrs, in der seitlichen und vorderen Wand des künftigen Schlundes, so zwar, daß vor jeder Kiemenspalte ein Kiemenbogen liegt. Der erste oder vorderste Kiemenbogen ist der stärkste und enthält die Anlagen des Ober- und Unterkiefers.

Um einen nichtssagenden Namen zu wählen, hat Reichert die Kiemenbogen als Eingeweidebogen*) bezeichnet, und um den Vergleich mit einem Fisch zu umgehen, nannte sie Remak, mit Rücksicht auf ihre Oertlichkeit, Schlundbogen**). Unter den neuesten Schriftstellern bringt Häckel mit Recht den Namen Kiemenbogen wieder zu Ehren, der gerade an diesen Gebilden den Bezug der Keimesgeschichte zur Stammesgeschichte in das rechte Licht stellt.

Im Anfang des zweiten Monats verwachsen die Kiemenspalten. Der erste Kiemenbogen liefert bei den Säugethieren nicht bloß Ober- und Unterkiefer, sondern auch die Zunge, das Jochbein, die Paukenhöhle mit zwei Gehörknöcheln: Hammer und Amboß, das äußere Ohr und die innere Ohrtrompete, welche die Paukenhöhle mit der Schlundhöhle in Verbindung setzt. Aus dem zweiten Kiemenbogen bildet sich das dritte Gehörknöchelchen, der Steigbügel, und ein kleiner Theil des Zungenbeins, dessen Hauptanlage, sammt der von einigen Kehlkopfknorpeln, im dritten Kiemenbogen verhüllt liegt. Aus dem vierten Kiemenbogen entsteht die vordere Halswand.

Kurz die Kiemenbogen sind bei den höheren Wirbelthieren vergängliche, große Wandlungen er-

---

*) Visceralbogen.

**) Arcus pharyngei.

leidende Gebilde; bei den Fischen erhalten sie sich, mit Ausnahme des ersten, aus dem die Kiefer hervorgehen, durchs ganze Leben, und da die erste Anlage hier wie dort die gleiche ist, so ist der Name Kiemenbogen werthvoll und lehrreich.

Das Amnion findet sich als geschlossene innere Eihülle schon bei menschlichen Embryonen, die an der Grenze der zweiten und dritten Woche des Keimlebens stehen, das heißt bei den jüngsten, die bisher beobachtet sind. Den Urharnsack traf Wilhelm Krause sehr schön als eine gestielte Blase am hinteren Darmende bei einem menschlichen Embryo aus der vierten Woche. Sie trägt die Gefäße, deren Wucherung den Fruchttheil des Aderkuchens bilden wird, der Schleimhaut der Gebärmutter entgegen. Am Ende des dritten Monats ist der Aderkuchen so entwickelt, daß sich das Amnionthier als Aderkuchenthier ausweist, der menschliche Embryo also in der höchsten Unterklasse der Säugethiere Platz genommen hat. Während des dritten Monats verhielt sich der Embryo noch wie ein Kloakenthier, insofern der Darm und die Ausführungsgänge der Geschlechts- und Harnwerkzeuge noch in eine gemeinschaftliche Höhle, die sogenannte Kloake, mündeten. Dagegen hat die menschliche Frucht niemals eine charakteristische Aehnlichkeit mit einem Beutelthier aufzuweisen.

Trotz dem kleinen Umweg, den im Anfang die Entwicklung macht, indem die Vollzelle des Eies für kurze Zeit auf die Stufe einer kernlosen Urzelle zurücksinkt, ist also offenbar die Keimesgeschichte nach Häckel's glücklichem Ausdruck eine verkürzte Stammesgeschichte.

Von der Vollzelle geht es zur Urzelle und von dieser zu einer im höheren Grade lebensschwangeren Vollzelle, deren Inhalt durch seine Furchung sofort auf eine Sonderung der Arbeit hinweist. Die Zellentheilung führt zu einer Zellengemeinde, deren Bürger allsogleich in zwei Klassen geschieden sind.

Aus der Zellengemeinde entwickelt sich die Darmlarve. Aber eine Stufe, die sich in ungezwungener Weise mit einem Wurm vergleichen ließe, wird nicht durchlaufen. Die Darmlarve wird Rückenstabsthier, das in seinen verschiedenen Entwicklungsformen nach einander an das Lanzettthierchen, an einen Rundmäuler, einen Fisch, ein Uramnionthier, ein Kloakenthier erinnert, um schließlich zum Aderkuchenthier zu werden.

So viele Aehnlichkeiten der Keimesgeschichte mit der Stammesgeschichte kann man zugeben, ohne dem Vergleich zu Liebe der Natur der Dinge Gewalt anzuthun. Aber die Beschränkung der bei der Entwicklung des Einzelwesens durchlaufenen Stufen zeigt

eben, daß in der That die Keimesgeschichte nur ein knapper Auszug aus der Stammesgeschichte ist.

Nicht bloß der Wurmzustand fehlt der Keimesgeschichte des Menschen, sondern es ist darin auch keine Entwicklungsform vorhanden, die mit den Doppelathmern oder Fischlurchen, noch mit den Froschlurchen verglichen werden könnte. Ebenso fehlt gänzlich die Zwischenform der Beutelthiere.

Und dennoch muß man schon zum Vortheil der Keimesgeschichte wünschen, daß die Stammesgeschichte immer emsiger ausgebaut werde. Es ist ein unverwelklicher Lorbeerkranz, den sich Häckel um die Stirn geflochten, als er diesen neuen Zweig der Wissenschaft begründete, unverwelklich gerade deshalb, weil er immerfort auf die Knospen hinweist, die sich zur Verbesserung der zuerst entworfenen Stammbäume entfalten werden.

Der Grundgedanke, der sich aus aller Stammesgeschichte erhebt, ist, daß das Leben einen Anfang haben mußte auf der Erde, und daß es sich dann allmälig weiter entwickelt hat an denselben Grund-

stoffen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Fluor, Kalium, Natrium, Kalk, Magnesium, Eisen, Mangan, Silicium, die wir im Diamant und im Sande, in Gyps und Kreide, in Luft und Wasser vorfinden.

Das Leben ist nicht der Ausfluß einer ganz besonderen Kraft, es ist vielmehr eine Bewegungsform des Stoffs, gegründet auf die unveräußerlichen Eigenschaften desselben, bedingt durch eigenthümliche Bewegungserscheinungen, wie sie Wasser und Luft, Elektricität und mechanische Erschütterung, Wärme und Licht am Stoff hervorrufen. Die thätigen Einflüsse, die sogenannten Kräfte sind warme Stoffe, elektrisch erregte Stoffe, schwingende Körper, Lichtwellen, Schallwellen, kurz Alles, was Bewegung durch Bewegung erweckt.

Kein Stoff ohne Kraft. Aber auch keine Kraft ohne Stoff. Die Eigenschaften der Grundstoffe sind unveränderlich. Es kann demnach von keiner Lebenskraft die Rede sein, so wenig als die Schwere im Hebel zu einer Hebekraft, in der Wage zu einer Wägekraft wird.

Aber der Mensch schafft Alles nach seinem Ebenbilde, die Ursache der Erscheinung, wie den Gott, den er anbetet. Erst in der neuesten Zeit ward diese kindliche Lust an der Gestaltung überwunden, in der

Wissenschaft wie im Glauben. Will man die herculische That, an welcher in unserer Zeit ein großer Theil der Menschen, ja unbewußt die ganze Menschheit arbeitet, so weit sie forscht, an einen Namen knüpfen, dann hat Ludwig Feuerbach die That vollbracht. Durch ihn ist die menschliche Grundlage für alle Anschauung, für alles Denken ein mit Bewußtsein anerkannter Ausgangspunkt geworden.

Menschenkunde, Anthropologie, hat Feuerbach zum Banner gemacht.

Die Fahne wird siegreich durch die Erforschung des Stoffs und stofflicher Bewegung. Ich habe kein Hehl es auszusprechen: die Angel, um welche die heutige Weltweisheit sich dreht, ist die Lehre vom Stoffwechsel. Sie offenbart uns den Ursprung der Offenbarung.

Es ist eitel Blendwerk, wenn einige Schriftsteller, die den Geist und die Kraft für selbstherrlich ausgeben möchten, den Stoff oder die Materie für ein Hirngespinst*) erklären. Denn es ist klar, daß sie dabei dem Wort einen Sinn unterlegen, den es in der wirklichen Welt, in der Natur nicht hat. Ihre Künstelei geht darin auf, daß sie sich unter dem Stoff ein eigenschaftsloses Wesen vorstellen, das die Kraft, wie ein Kleid, anlegen und ablegen könne. Nach

*) „Hypothese“.

diesem Gaukelbilde ist aber der Stoff nicht bloß ein Hirngespinst, sondern ein Unding.

„Was ist Materie, so wie sie sich der Psychologe „denkt?" hat schon Lichtenberg zur Beleuchtung jener Gaukelkünste gefragt, und seine Antwort lautete: „So etwas giebt es vielleicht in der Natur nicht, er „tödtet die Materie und sagt hernach, daß sie todt sei"*).

Der Muskel arbeitet, indem er sich verkürzt und eine Last hebt. Er verbraucht bei seiner Arbeit Blut, verzehrt mehr Sauerstoff als in der Ruhe und bildet mehr Kohlensäure; er zersetzt Eiweiß und Zucker, wird sauer und wässerig. Seine Wärme steigt, er wird weniger zerreißlich, leichter ausgedehnt, und sein elektrischer Strom wird geschwächt, obgleich er die Elektricität besser leitet als im Ruhezustande. Die Arbeit, die der Muskel leisten kann, steht in geradem Verhältniß zu seiner Masse. Die Naturlehre hat den zeitlichen Verlauf seiner Verkürzung genau verfolgt und eine Unzahl von stofflichen Eingriffen geprüft, die theils unmittelbar auf die Muskelfaser wirkend, theils durch Vermittlung des Nerven die Verkürzung bewirken. Bei alledem ist keine besondere Lebenskraft im Spiel, sondern ein Zusammenwirken von chemischen und physikalischen Eigenschaften, das der Düftelei über das Bestehen des Stoffs nur artiger Hohn spricht als der

*) Lichtenberg, vermischte Schriften, Bd. I, S. 157.

Ziegel der auf den Kopf fällt, der Dampfwagen der einen Menschenleib zermalmt, oder das Nitroglycerin, das Berge zersprengt.

In der That gegen jene Wort- und Sinnverdrehung, die vom Stoffe die Kraft abstreift, um das Bestehen der Materie in Zweifel zu ziehen, könnte man sich versucht fühlen, Berthold Schwarz und Sobrero, den Entdecker des Nitroglycerins, um Hülfe anzurufen, nicht mit den Waffen, mit denen die Menschen ihre Leidenschaften auf dem Schlachtfeld in Tapferkeit oder Gottseligkeit vermummen, sondern mit den Hülfsmitteln, die Gebirgsthore aufschließen und Flüsse regeln, um die Kraft des Stoffes an dem Verkehr der Geister zu bethätigen.

Denn die Materialisten bekennen sich zur Einheit von Kraft und Stoff, von Geist und Körper, von Gott und Welt.

Die Kraft ist ihnen ewig wie der Stoff, beide zusammen eine geschlossene Einheit, wandelbar in der Form ihrer Leistungen, aber immer auf denselben Ursprung zurückzuführen.

Jeder Versuch, ein spaltbares Doppelwesen daraus zu machen, jeder sogenannte Dualismus der Weltanschauung, führt zu der ungereimten Vorstellung zurück, daß die Natur ein Spiel mit Verbindungen treibt, die sie nach Willkür zerlegen könnte, als wäre

der Stoff etwas Anderes als ein Inbegriff von Eigenschaften, die sich nicht verändern lassen, ohne daß die Stofftheilchen anders gruppirt werden.

Aus diesem Grunde ließe sich in der That der Name der Materialisten füglich in den der Einheitslehrer*), besser noch in Zweieinigkeitslehrer verändern, wenn durch die Umtaufe nicht der Schein entstände, als nähme man den Vorwurf an, daß die Materialisten den Geist läugnen.

Ihr läugnet den Stoff oder zieht ihn in Zweifel, weil alle Vorstellung vom Stoffe einer Beobachtung von Verhältnissen der Außenwelt zu unseren Sinnen entsprungen ist, und diese Verhältnisse, meint Ihr, könnten der Wirklichkeit entfallen, leerer Schein, ein Gaukelbild sein.

Aber es giebt keine Eigenschaft, die sich nicht durch ein Verhältniß bethätigte, es giebt kein Wissen, das sich auf verhältnißlose Selbständigkeit eines Urwesens bezöge.

Deshalb wird jede Eigenschaft wirksam, jede Eigenschaft des Stoffes ein Theil der Kraft, durch welche sie zur großen wie zur kleinen Welt in Verhältniß tritt.

Jede Wirkung, das heißt auch jeder Eindruck, den die Außenwelt auf ein sinnliches Wesen, auf den

---

*) Monisten. Vgl. die Vorrede zur 4. Auflage dieses Buches.

Menschen ausübt, beruht auf einem solchen Verhältniß, das in seiner Naturgebundenheit ein bestimmtes Dasein feiert.

Denn was wirkt, besteht. Und so wie es besteht, ist es eine nothwendige Folge, daß es wirkt, denn es ist nicht möglich daß eine Eigenschaft des Stoffs sich nicht geltend mache, gleichviel ob sie durch die Eigenschaften anderer Stofftheilchen aufgewogen oder gesteigert wird.

Wie ein Trunk Wasser, der in unseren Magen gelangt, ohne unser Zuthun in das Blut eindringt, vom Herzen durch unsere Adern getrieben wird, hier Nahrungsstoffe auflöst, dort Schlacke aus den Geweben auswäscht, bald ein Baumittel wird, das Gewebebildner paart, bald eine Kettensäge, welche die Rückbildung organischer Stoffe befördert, und im Körper nicht aufhört zu lösen, zu binden, zu waschen, bis der letzte Tropfen desselben als Harn und Schweiß ausgeschieden oder an der Oberfläche der Haut und Lungen verdunstet ist; wie dieses ausgeschiedene Wasser dem Erdreich, den Strömen, dem Luftgürtel beigemengt wird, hier Pflanzen nährt, dort Kähne treibt oder Berge in Geröll verwandelt, anderswo Eisen rosten und Glas verwittern macht, im Regen niederfällt, im Meere braust, — so fällt in dieses Meer kein Steinchen, ohne Wellen zu erregen, die sich mit anderen Wellen kreuzen und sich fortpflanzen, bis der

Widerstand, den andere Wellen oder Felsen ihnen entgegensetzen, ihre Massenbewegung aufhebt, um sie in die Bewegung der kleinsten Theilchen zu verwandeln, die wir Wärme nennen.

Alles dies geschieht ohne Rast und Ruh, nach denselben Gesetzen, gleichviel ob innerhalb, oder außerhalb des Organismus, nur in verschiedener Form, mit verschiedenem Ergebniß.

Für den Materialisten oder Zweieinigkeitslehrer ist die Verschiedenheit des Ergebnisses die Wirkung von Ursachen, die in verschiedener Weise sich paaren oder kreuzen.

Dem Spiritualisten oder Zwiespaltslehrer gilt das Leben als der Ausfluß einer ganz besonderen Berechnung, mit deren Hülfe er allein für möglich hält, den Grad von Zweckmäßigkeit zu erklären, der nach seiner Meinung die Natur zusammenhält.

Wenn aber alles geworden ist, wie es nach inneren Gesetzen der Naturnothwendigkeit werden mußte, dann ist es ja natürlich, daß die Folge der Ursache entspricht, nur daß die Ursache, weil sie Nothwendiges wirkt, ihre Folge nicht als Zweck erwählen konnte.

Allmälig verlernt es der Mensch sich als König der Schöpfung anzusehen. Damit erwirbt er aber auch die Einsicht, daß so sehr er als Mensch das Maaß aller Dinge für menschliche Einsicht ist, doch

all sein Messen eitel wird, wenn er das Walten in der Natur nur auf seine Bedürfnisse beziehen will.

Denn zweckmäßig hieß doch zunächst nur das, was dem Menschen zu frommen schien. Und der Blick, mit dem er sein Verhältniß zu anderen Wesen betrachtete, war dabei so eingeschränkt, daß er über den Thieren, die er verzehrte, die Eingeweidewürmer vergaß, die ihm von jenen zugeführt werden, und die nicht selten Gleiches mit Gleichem vergelten.

Dem Löwen scheint das Lamm geboren, damit es ihn ernähren soll, dem Lamm erscheint der Löwe, wie ein Aufruhr im friedlichen Treiben der Natur, etwa wie ein Erdbeben oder ein Sturm dem ungebildeten Menschen.

Ist aber alles geworden, wie es werden mußte, dann löst sich der Kampf um's Dasein auf in dem Rollen der Elemente, das nach der Reihe allen Wesen Befriedigung gönnt.

Es ist unmöglich, daß Eine Thierart sich über alle vermehren sollte, so rasch dies bei ungestörter Fortpflanzung auch der am wenigsten fruchtbaren geschehen würde, eben weil alle sich gegenseitig beschränken, wodurch gerade der Mannigfaltigkeit der Wesen im Haushalt der Natur ihr Platz gesichert ist.

Wenn man es aber Kampf um's Dasein nennt, so ist es mehr ein Wettkampf als ein Krieg, der

entflammt wäre vom Hasse Aller gegen Alle. Wie die Pflanze die Thiere nicht haßt, deren Auflösung ihr Nahrung bereitet, wie der Mensch den Wiederkäuern nicht feindlich gesinnt ist, die ihn kleiden und stärken, so haßt der Haarwurm den Menschen nicht, dessen Muskeln er zerwühlt, noch der Fuchs die Hühner, die er überlistet.

Es kommt darauf an, die Gründe des Siegs und der Niederlage zu erforschen. Dazu führt aber nur der Eine Weg, daß man die Entwicklung belauscht, ohne sich durch Ahnungen von Absicht und Zweckmäßigkeit irren zu lassen.

An der Hand der Entwicklungsgeschichte werden eine Menge von Formverhältnissen und Gestaltungen verständlich, die dem Erspäher von zweckmäßigen, voraus berechneten Einrichtungen immer ein Räthsel bleiben.

Wenn die Amnionthiere mit den Fischen und Lurchen auf Einen Stammvater zurückzuführen sind, dann ist es kein Wunder, daß auf einer vorübergehenden Entwicklungsstufe bei Schleichern, Vögeln und Säugethieren, den Menschen mit inbegriffen, die Kiemenspalten und Kiemenbogen vorkommen, die doch zu Kiemen in gar keine Beziehung treten. Während sich bei den Amnionthieren die Kiemenbogen der Fische, so weit sie nicht, wie bei diesen, das Bau-

material für Antlitzknochen enthalten, in Theile des Gehörorgans, ins Zungenbein, in einige Kehlkopfknorpel und Halswand umbilden, entwickelt sich die Schwimmblase zur Lunge, und die Umbildung des Kiemengerüstes geht Hand in Hand mit der Ausbildung des Lungenathmens.

Im Lichte solcher Auffassung erscheinen die beidlebigen Thiere, die wahren Lurche, als ein ächtes, das heißt als ein Entwicklungsband zwischen den Wasser- und Landthieren. Aus dem Fische wird ein Schleicher, ein Vogel, ein Säugethier, in Folge der allmälig fortschreitenden Entwicklung der Lungen und ihrer Verrichtung. Die Kiemen sind bei dem heranwachsenden Molch oder Fröschlein alten Schuhen vergleichbar, die nicht eher weggeworfen werden als neue erworben sind. Die Lungen sind eben bei den Lurchen erst in der Entwicklung begriffen.

Die Entwicklung aus vorangegangenen, stammälterlichen Formen, d. h. die Erblichkeit, bedingt den Grundbau der Organismen; die Anpassung an neue Lebensverhältnisse die Wandlungen, die der Grundbau erleidet.

Zu den wichtigsten Wandlungen dieser Art gehört die Verkümmerung, von welcher gewisse Organe befallen werden, die der Organismus als Zeugen seiner Abstammung aufbietet, die aber wegen Mangel an

Uebung, aus Unthätigkeit, nach und nach die Fähigkeit ihrer ursprünglichen Verrichtung verloren haben.

So hat das menschliche Ohr Muskeln, die es nicht bewegen, die aber an jene unserer Hausthiere und vieler Affen erinnern, welche die Ohren spitzen und richten, um auf einen nahenden Feind zu lauschen. Manche unter der Erde, im Finstern lebende Thiere, der blinde Maulwurf*), der Kiemenmolch der Adelsberger Grotte**), haben verkümmerte Augen, die unter der Haut versteckt liegen. Im inneren Augenwinkel besitzt der Mensch eine kleine halbmondförmige Hautfalte, welche als ein Ueberbleibsel des inneren, dritten Augenliedes, der sogenannten Nickhaut, anzusehen ist, das wir von den Säugethieren ererbt haben.

In manchen Fällen liegt es klar vor Augen, daß solche Gebilde einer bestimmten Verrichtung nicht mehr obliegen. Wenn dies schon für die meisten Menschen von den Ohrmuskeln gilt, so ist es noch viel unzweideutiger zu beobachten an jenen Schneidezähnen, welche bei den Embryonen mancher Wiederkäuer, der Kuh z. B., im Zwischenkiefer vorhanden sind, aber niemals durchbrechen, folglich auch nicht zum Beißen oder Schneiden benützt werden.

---

*) Talpa caeca.

**) Proteus anguineus.

Wer die Natur mit Zweckmäßigkeitsvorstellungen zu deuten sucht, wer in dem zuletzt erwähnten Falle die Frage aufwirft, wozu die Schneidezähne im Zwischenkiefer eines neugeborenen Kälbleins da sind, während sie doch nicht zum Durchbruch kommen, kann keine andere Antwort als ein verlegenes Achselzucken erwarten. Wer darnach forscht, woher jene Schneidezähne kamen, von wem sie ererbt und wie sie entstanden sind, der fühlt sich im Untersuchen befriedigt, wenn er auch noch so häufig die letzte Antwort schuldig bleibt.

Es wird eben nicht alles, was von den Vätern ererbt ist, erworben, um es zu besitzen oder zu benützen.

Nur sei man sehr auf seiner Hut, bevor man sich dazu entschließt ein solches Erbtheil, so lange es nicht allseitig und immer aufs Neue untersucht ist, für nutzlos zu erklären um es damit zu einem verkümmerten Organ zu stempeln. Je geistreicher und kühner, mit anderen Worten, je verführerischer die Anschauungen sind, denen solche Urtheile entstammten, desto mehr Vorsicht ist nöthig, um sich nicht davon hinreißen zu lassen.

Es läßt sich nicht bezweifeln, daß das dünne Kleid von Wollhaar, welches den größten Theil des menschlichen Körpers überzieht, als ein Erbtheil der Säugethiere gelten muß. Bei den menschenähnlichsten Affen, insbesondere beim Orang, sind die Haare am Oberarm,

wie die des Unterarms, gegen die Spitze des Ellenbogens gerichtet. Wallace meint, diese Richtung der Haare sei den Affen nützlich, indem sie beim Regen, wenn die Arme über dem Kopf zusammengeschlagen sind oder die Hände einen Baumzweig umklammern, das Abfließen der Wassertropfen befördern.*) Da sich beim Menschen häufig — nach meinen Beobachtungen keineswegs immer — eine ähnliche Richtung der Haare am Arm vorfindet, so wären hier die Wollhaare jenes Dienstes verloren gegangen und würden uns im besten Falle, nach Darwin's Ausdruck, nur ein seltsames Erinnerungszeichen an die höheren Affen darbieten. Den niedriger stehenden Affen und den übrigen Säugethieren kommt dieses Merkmal nicht zu.

Häckel, der jene Bemerkung von Wallace mit Wärme auffaßt, meint, „die Richtung der Härchen an unserm Unterarm erzähle uns noch heute von jener nützlichen Gewohnheit unserer Affen-Ahnen.“**) Er ist aber offenbar geneigt, das ganze Haarkleid des Menschen als ein verkümmertes Organ, als „eine unnütze Erbschaft“ zu betrachten.***) Ich will hier keinen besonderen Nachdruck darauf legen, daß die

---

*) Charles Darwin, the descent of man, London 1871, vol. I. p. 193.

**) Ernst Häckel, Anthropogenie, 3. Aufl. 1877, S. 543.

***) Häckel, ebendaselbst, S. 542.

Härchen an der Oberfläche unseres Körpers ein Theil jener Horngebilde sind, die als schlechte Wärmeleiter wie ein Panzer den Körper umhüllen und ihn so mächtig schützen gegen die Unbilden von Luft und Wetter, daß z. B. die Feuerländer, ohne Kleid und Hütte, sich nackend der Witterung preisgeben können.*) Aber es ist überdies durch sorgfältige Untersuchungen von Aubert und Kammler ausgemacht, daß die Haare ein wirksames Hülfsorgan für den Tastsinn abgeben. Wenn man an einer regelmäßig behaarten Hautstelle die Härchen abgeschoren hat, dann wird ein viel stärkerer Druck erfordert, um überhaupt noch wahrgenommen zu werden, als bei Gegenwart der Härchen.**) Die Härchen empfangen den Druck und übertragen ihn, wie kleine Hebel wirkend, mit Macht auf Einen Punkt, auf die beschränkte Gegend des Haarbalgs, in der sich Nerven verbreiten. Man könnte in dieser Beziehung die Haare mit Sonden vergleichen, die in die Außenwelt hineinragen, und der Name Tasthaare, den man bei Thieren nur auf die der Schnauze anwendet, ließe sich ganz allgemein auf das Haarkleid des Menschen beziehen.

---

*) Darwin, a. a. O., vol. I. p. 237.

**) Aubert und Kammler, in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. V., (1858), S. 164—166.

Eine ähnliche Ehrenrettung, wenn nicht in höherem Grade, verdient die Ohrmuschel. Darwin, der sich auf Toynbee als Gewährsmann beruft, sowohl als Häckel verweisen das äußere Ohr in die Reihe der verkümmerten, unnütz gewordenen Organe.*) Mag auch die Bedeutung desselben hier und da übertrieben worden sein, so ist doch nicht zu verkennen, daß die vielgestaltigen Vorsprünge an seiner Oberfläche ein Zurückwerfen der Schallstrahlen in so vielfacher Richtung bedingen, daß einige jedenfalls in der günstigsten Richtung in den Gehörgang eindringen und, nachdem sie auch hier mehrfach zurückgeworfen worden, senkrecht das Trommelfell treffen. Dadurch wird die Thatsache erklärt, daß es nach Buchanan nichts weniger als gleichgültig ist, unter welchem Winkel das Ohr zum Schädel geneigt ist. Dieser Winkel kann ohne Nachtheil zwischen 25 und 45 Grad schwanken, wird er aber kleiner als 15 Grad, dann wird das Gehör beeinträchtigt. Das Ohr ist aber nicht bloß eine Fangmuschel für die Schallstrahlen; die federnde Platte, die es darstellt, wird auch selbst in Schwingungen versetzt, die sich, wenngleich mit geringer Kraft, nach dem inneren Ohr fortpflanzen müssen. Hierdurch wird es

---

*) Darwin, a. a. O., p. 21, und Häckel, a. a. O., S. 592 und 722.

begreiflich, daß uns die Ohrmuschel einen wesentlichen Dienst leistet, wenn wir beurtheilen sollen, ob ein Schall vor oder hinter uns erzeugt wird. Dieses Urtheil wird sogleich viel unsicherer, wenn wir die Ohrmuschel platt drücken und die Hand mit angedrücktem Kleinfingerrand vor dem Ohr halten. Es ist also das von den Orientalen so vielfach geübte Abschneiden der Ohren auch in seinen Folgen keineswegs eine gleichgültige Gräuelthat, und es wäre schade, wenn die Stammesgeschichte auch nur mittelbar einer solchen rohen Unsitte Vorschub leisten sollte.

Ueberhaupt drängt sich gegenüber dem Nutzloserklären mancher Körperbildungen unwillkürlich der Gedanke auf, daß hier, wie so oft, der Feind, den eine folgerichtige Bekämpfung überwinden soll, dem Kämpen in den Nacken schlägt. So geht es hier dem Forscher, der sich vor dem Einmischen von Zweckmäßigkeitsvorstellungen in seine Untersuchungen so sehr zu hüten wünscht. Wenn das Urtheil über Zweckmäßigkeit in das der Nutzlosigkeit umschlägt, so begiebt es sich auf jene schlüpfrige Bahn, auf der das Nichtsein mit dem Sein durchs Werden verbunden ist. Wer ein Organ für nutzlos erklärt, der muß sich ebenso die Beurtheilung der Ziele anmaßen, wie jenes Pfäfflein Jean Paul's, das die Sonnenfinsterniß gekommen wähnte, damit es schattiger reiten sollte.

Richtschnur des Forschers sei, nach dem Ursprung der Dinge zu fragen, und, da die Beziehungen zwischen denselben im Weltall, wie in der kleinen Welt eines jeden selbständig scheinenden Organismus, ebenso ungezählt sind, als sie sich allseitig entfalten, nicht müde zu werden den Zusammenhang der Eigenschaften aller Theile auch da zu erspähen, wo sie dem ersten flüchtigen Blick des Bewunderers oder der scharfen Berechnung des Zweiflers zu entfallen scheinen.

Allerdings schlägt uns der Feind nicht selten nur deshalb in den Nacken, weil sich die ursächliche und zielstrebende Betrachtung so nahe begegnen, daß es beinahe nur auf die Wendung ankommt, die man wählt, ob die Darstellung vor dem strengsten Richter, der nur nothwendigen Zusammenhang anerkennt, bestehen kann.

Wenn man es bei Darwin an zahllosen Stellen deutlich ausgesprochen oder zwischen den Zeilen lesen kann, daß im Kampfe um's Dasein nur nützliche Eigenschaften zur Ausbildung kommen und erhalten bleiben, so braucht man das nur in den anderen Ausdruck zu übersetzen, daß die Wesen zu Grunde gehen, an denen sich Eigenschaften entwickelt hatten, die ihre Widerstandskraft gegen die Einflüsse der Außenwelt vermindern, daß sich dagegen diejenigen behaupten, deren Anlage in der Umgebung die Bedingungen vorfindet,

die ihren eigenartigsten Merkmalen Entwicklung und Sieg verleihen, um sich aus einer gefährlichen zweckhuldigenden Ausdrucksweise in den sicheren Hafen der Naturnothwendigkeit zu retten.

Die Rolle des Darstellers wird bescheidener. Er muß mehr nehmen als geben, mehr lauschen als reden, mehr arbeiten als lehren, mehr begreifen als errathen. Er muß den ruhig ergründenden Verstand dem Flügelschlag des Geistes vorziehen.

Und das ist im Grunde das Verdienst von Darwin und seinen Freunden. An der Form oder dem Guß der Darstellung soll nicht gemäkelt werden.

Sie haben in ihrer Weise, durch die That mehr noch als durchs Wort, dazu beigetragen, uns von dem Trugbild einer als Person gedachten Natur zu befreien.

Sie sind nicht die Ersten gewesen, die uns über den Tand und Wahn von Naturspielen, über die Furcht vor ernst gemeintem Aufruhr in der Natur hinweghoben. Aber indem sie auf ihrem weiten Gebiet, das die ganze Entstehungsgeschichte der Organismen umfaßt, die Entwicklung anstatt der Verwirklichung, das Werden anstatt der Schöpfung setzten, haben sie, wollend oder nicht, der freien Forschung eine der mächtigsten Waffen verliehen gegen alles, was blinder Glaube heißt, gegen Alle, die sich im Flügelkleide der Dichtung auf dem Gebiet der Wissenschaft ergehen oder in der Kutte der

Heuchelei am Fortschritt versündigen. Sie haben gelehrt, wie in der Welt der Organismen der Charakter siegt, die Halbheit unterliegt. Ihnen gehört die Zukunft.

Es soll mit dieser Anerkennung das Lob der Lehrer und Schriftsteller nicht geschmälert werden, die, nachdem sie das Endergebniß einer Entwicklung bereits kannten, den Zauber eindringlicher und farbiger Darstellung darauf verwandten, bei der Schilderung des Werdens das Ziel vor Augen zu halten, als wenn ein rechnender Baumeister es mit Bewußtsein, mit mehr oder weniger Kunst, erstrebte.

Mit mehr oder weniger Kunst! Denn eine bessere Beleuchtung vermögen sie nicht zu geben für die so häufig gemachte Erfahrung, daß in den höheren Organismen, im Menschen z. B., Abweichungen vom regelmäßigen Bau vorkommen, die an das Verhalten in niederen Organismen erinnern. Oder ist es etwa besser als Rathlosigkeit, wenn, so oft im Menschen ein Muskel, ein Gefäß, ein Nerve die Beschaffenheit, Verlaufsweise oder Anordnung eines Affen vorführen, es einem nach Menschenart gedachten Bildner zuzumuthen, es sei ihm in diesen Fällen mißlungen, seinen Prometheischen Gedanken ganz zu verwirklichen? Wenn in dem menschlichen Gehirn in vereinzelten Fällen der sogenannte Balken*) fehlt, der bei den Beutelthieren

*) Corpus callosum.

kaum angedeutet ist, ist es da befriedigender anzunehmen, der Hirnbau sei in Betreff dieses Punkts auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen geblieben, oder die alte Annahme, die Natur habe sich einen Scherz erlaubt, wenn nicht gar der Schöpfer etwas vergessen haben soll?

Es war eine ebenso nothwendige als heilsame Entnüchterung, welche die Forscher vermocht hat, von jenen durch Geist und Mannigfaltigkeit bestechenden Bildungsplänen Abschied zu nehmen, die bald ein Spiel, bald ein Zufall, bald Laune, bald Unvermögen in buntem Wechsel zu Tage führte oder unerreicht ließ. Der Schleier vor dem Gesetze läßt sich heben, der Schleier vor einer wandelbaren Absicht ist undurchdringlich. Letztere errathen zu wollen, wäre Sisyphus-Arbeit; jenes erforschen, heißt langsam aber sicher fortschreiten in der Erkenntniß der Stellung, die dem mit hoch entwickeltem Hirn versehenen Menschen in der Natur zu Theil gefallen.

XVIII.

Der Gedanke.

Kein Werkzeug des Körpers stempelt das Thier mehr zum Thiere, kein anderes erhebt es so allmälig zur Stufe der Menschheit empor, wie das Hirn oder diejenigen Theile, welche seine Stelle vertreten.

Im Menschen erreicht es durch die Vervielfachung seiner wirksamen Theile und die Vielseitigkeit ihrer Verkettung einen Grad der Entwicklung, der sich, im Verhältniß zu dem einfacheren Nervensystem der niederen Thiere, mit der schnell wachsenden Anzahl der Verbindungen und Abwandlungen in der Reihenfolge einer großen Anzahl von Gliedern in der Buchstabenrechnung vergleichen ließe.

Nur daß es sich hier nicht sowohl um Veränderungen in der Lagerung, als um Abwechslung in der Thätigkeit handelt, deren Wandel und Verschlingung dadurch ins Unabsehbare sich steigert und verwickelt, daß jede Thätigkeit jener wirksamen Theilchen in diesen selbst eine Veränderung hervorruft, die in dem Hirn,

so lang es von kreisendem Blut bespült wird, eine zusammengesetzte Wellenbewegung unterhält, die sich im Denken wie im Träumen rastlos fortwälzt.

Die Theilchen, in welchen sich des Hirnes Wirken abspielt, sind überall Zellen, die selbst wiederum die Eigenthümlichkeit besitzen, daß ihre Größe und Entwicklung so vielfache Abstufungen zeigt, wie kein anderes Formelement im ganzen Organismus.

Bald so klein*), daß ein einfacher, von der Puppe eines Seidenwurms abgehaspelter Faden an Dicke ihren Durchmesser überträfe, bald so groß, daß ihr Durchmesser den eines Barthaares übertrifft**), bald kugelrund, bald elliptisch, eiförmig, pyramidalisch, birnförmig, vieleckig und in hohem Grade unregelmäßig gestaltet, senden sie gewöhnlich Fortsätze aus, während sie derselben, wenigstens so lange sie unentwickelt sind, manchmal entbehren. Ihr Inneres birgt immer einen verhältnißmäßig großen Kern, der seinerseits in der Regel ein großes, glänzendes Kernkörperchen einschließt. Je besser sie erhalten sind, desto glasheller ist gewöhnlich ihr Inhalt, und doch enthalten zumal die größeren Zellen oft ein Häuflein Körnchen, deren Farbe von Gelbgrau durch Rostbraun bis zum Kohlschwarzen alle Schattirungen durchläuft. Während sich vielfach an der Oberfläche keine häutige

*) 0,006 Mm.

**) 0,140 Mm.; Durchmesser eines Barthaars 0,135 Mm.

Zellwand unterscheiden läßt, ist eine solche in anderen Fällen entschieden vorhanden, und in gewissen Gegenden des Körpers noch dazu von einer verhältnißmäßig starken Bindegewebsschicht förmlich eingekapselt.

Jene Fortsätze verbinden die Nervenzellen mit den Nervenfasern, oder besser gesagt, jene Fortsätze enthalten immer den wesentlichsten Theil einer Nervenfaser, den sogenannten Kernstab*), so daß man sagen darf, daß die Nervenfasern selbst von den Nervenzellen entspringen.

In ihrer vollkommensten Ausbildung bestehen diese Nervenfasern aus dem so eben erwähnten Kernstab, einer diesen umgebenden Markröhre und einer Scheide, welche endlich diese letztere umschließt. Es giebt aber weniger zusammengesetzte Nervenfasern, denen die Markröhre, andere, denen die äußere Scheide abgeht, noch andere, denen beide fehlen, so daß sie nackte Kernstäbe darstellen.

Nach einer Entdeckung Remak's, die der zu früh verstorbene Max Schultze mächtig ausgebildet hat, besteht der Kernstab der Nervenfasern aus einem Bündel feinster Fäserchen, deren Durchmesser öfters kaum 0,001 Mm. erreicht. An vielen Orten, namentlich im Bereich der Sinnesorgane, zerfallen die Kernstäbe in jene Elementarfäserchen, sie fasern sich gleichsam auf und endigen an der Oberfläche des Körpers oder

*) Axencylinder.

in den tiefer liegenden Sinnesorganen in Gebilden, die man selbst wieder als eine Abart von Nervenzellen betrachten kann. Andererseits lösen sich die Kernstäbe nach den Untersuchungen von Max Schultze auch innerhalb der Nervenzellen des Hirnes in Elementarfäserchen auf, welche theils in diesen Zellen endigen, theils sie durchsetzen, um in andere Nervenfasern und theilweise durch diese in andere Nervenzellen überzugehen.

Dies wäre bis jetzt der feinste Ausdruck, den man dem Zusammenhang zwischen Nervenzellen und Nervenfasern, den beiden Bausteinen des Nervensystems, zu geben vermocht hat.

Undenkliche Mühe hat es gekostet und eine stattliche Schaar der trefflichsten Forscher hat daran mitarbeiten müssen, um die Einsicht in den Zusammenhang der wichtigsten Formgebilde des Körpers so weit zu fördern. Seit Remak bei Wirbelthieren (1837) und Helmholtz bei Wirbellosen (1842) die Fortsätze der Nervenzellen, Paul Savi in den elektrischen Organen des Zitterrochens die Theilung einer Nervenfaser entdeckte (1844), bis zur Erkenntniß des Uebergangs von Elementarfäserchen in Hörzellen, Riechzellen, Schmeckzellen, ist mehr als ein Vierteljahrhundert vergangen. Die Zahl der Mitarbeiter, welche diese Erfolge angebahnt und errungen hat, ist so groß, daß es im Einzelnen oft

seine Schwierigkeit hat, den wahren Entdecker einer Thatsache zu bezeichnen. Aber die Namen Heinrich Müller, Max Schultze, Corti, Lovén, Schwalbe werden nicht vergessen werden, wenn man genauer erzählt, wie die Endigung der Seh- und Hörnerven, der Geruchs- und Geschmacksnerven aufgefunden wurde. Ihr Verdienst wird dadurch nicht geschmälert, daß man für viele Einzelnheiten von der Unermüdlichkeit der Forscher, der Vielseitigkeit ihrer Kunstgriffe, dem folgerichtigen Durchmustern des ganzen Systems und der immer zunehmenden Verbesserung der Vergrößerungsgläser die Beseitigung so manchen Zweifels zu erwarten hat.

Eines aber kann uns nicht mehr entwunden werden, daß nämlich die Nervenzellen mit den Nervenfasern und durch Nervenfasern mit einander zusammenhängen, daß Nervenfasern die unmittelbare Verbindung vermitteln zwischen dem Hirn und den übrigen Werkzeugen des Körpers, mögen sie der Bewegung, der Empfindung oder der Absonderung dienen, sich also in Muskeln, Sinnesorganen oder Drüsen verbreiten.

Was nun aber den Menschen über alle Thiere erhebt, ist die mächtige Entwicklung, in welcher Billionen von Nervenzellen in seinem Hirn zu einem Zellenstaat, gleichsam zu einem alle Verrichtungen des Körpers leitenden Hauptquartier verbunden sind,

während an zahllosen Stellen kleinere Sammelplätze ebenso viele Vorposten bezeichnen, die mit den Nervenfasern und durch dieselben mit dem Hauptquartier in Verbindung stehen.

Bei den niederen Thieren sind die Ansammlungen von Nervenzellen auf solche Vorposten beschränkt; bei den niedersten sind sie noch nicht einmal vorhanden. Weder bei den Aufgußthierchen*), noch bei den Wurzelfüßern**) hat man eine Spur von Nervenzellen oder Nervenfasern entdeckt. Dasselbe muß man von den Polypen im engeren Sinne behaupten, die also mit den Urthierchen mehr als alle höheren Thiere auf den Namen Pflanzenthiere Anspruch erheben können.

Da wo aber zuerst ein Nervensystem mit Sicherheit erkannt ist, bei den Scheibenquallen, besteht es aus einem am Rand der Scheibe verlaufenden Ringe von Nervenfasern, der an mehreren Stellen durch Ansammlungen von Nervenzellen***) unterbrochen ist, die theils durch jene Nervenfasern unter einander verbunden sind, theils an die vom Rand des Körpers ausstrahlenden Fühler Nervenfäden entsenden.

Bei den höheren Ringelwürmern, bei den Gliederfüßern†) und den Weichthieren zieht sich jener Nerven-

*) Infusorien.
**) Rhizopoden.
***) Ganglien, Nervenknoten.
†) Arthropoden.

ring um den Schlund zusammen. Als Regel sind zwei über und zwei unter dem Schlunde liegende Nervenknoten vorhanden, die paarweise durch Querstränge von Nervenfäden mit einander verbunden sind. Die zwei oberen hängen auf diese Weise unter sich zusammen, ebenso die zwei unteren, und schließlich der linke obere mit dem linken unteren, der rechte obere mit dem rechten unteren. So kommt ein eigentlicher Schlundring zu Stande, der für die höheren Ringelwürmer, für Spinnen, Krebse und Kerbthiere, für Muscheln und Schnecken bezeichnend ist.

In der Klasse der Würmer kommt es aber nicht sogleich zur Entwicklung eines Schlundrings. Bei den Plattwürmern und Räderthieren sind nur die vor oder über dem Schlund gelegenen Nervenknoten vorhanden, die durch ein Querbündel verbunden sind.

Außer der oberen Verbindung zwischen den dem Schlunde aufliegenden Nervenknoten kann auch eine den Schlund von unten umgreifende vorhanden sein, aber ohne daß ihr Nervenknoten oder Nervenzellen eingelagert sind. So verhält es sich bei einer Familie von undeutlich geringelten, sehr langen, mit mehrfachen Augen versehenen Würmern, die den Plattwürmern nahe stehen*), und bei den Mantelthieren**). Ein

---

*) Nemertinen: Nemertes oder Borlasia.

**) Tunicata: Ascidien.

ächter Schlundring, der auch untere Schlundganglien enthielte, ist also hier noch nicht vorhanden.

Noch weniger ist dies bei den Strahlthieren*) der Fall, bei welchen der Schlund zwar von einem Nervenring umgeben ist, die Nervenzellen aber sich in Nervenstämmen befinden, die von jenem Ring ausstrahlen. Im Nervenring der Seesterne**) kommen nach Häckel zwar Nervenzellen vor, sie sind aber nicht in vorspringenden Nervenknoten angehäuft.

Andererseits erreicht das obere Schlundknotenpaar bei den höheren Ringelwürmern, Gliederfüßern und Weichthieren einen hohen Grad von Entwicklung, indem die Knoten nicht bloß durch ihre Größe sich auszeichnen, sondern auch durch ihre Sonderung in Lappen, welche das nähere Verhältniß bestimmter Nerven zu einzelnen Gruppen von Nervenzellen formell bezeichnen.

Im Allgemeinen sind die Nervenknoten um so größer, je mehr die Sinnesnerven entwickelt sind, als wenn schon hier die fruchtbare Beziehung der Sinnenwelt zum Gedankenleben sich klar vor Augen legen wollte. Ja bei den Bienen und Ameisen zeichnen sich die oberen Schlundknoten, die wohl auch geradezu als Gehirn bezeichnet werden, nicht bloß durch ihre verhältnißmäßige Größe, sondern auch durch das Vorhandensein von

---

*) Echinodermata.

**) Asterida.

Windungen und Wülsten aus, die unwillkürlich an die Lappen des Gehirns der Wirbelthiere erinnern.

Daß aber, alles Uebrige gleich gesetzt, die Größe der Hirnknoten die geistige Befähigung der Thiere steigert, offenbart sich deutlich, wenn man etwa die tölpelhaften Maikäfer mit emsigen Bienen oder zum Staatsleben eingeschulten Ameisen vergleicht. Das Hirn einer Biene ist im Vergleich zur Größe ihres Körpers dreimal so groß, wie dasjenige eines Maikäfers, und die Ameisen sind in dieser Beziehung den Bienen noch überlegen*).

Bei den höheren Würmern und Gliederfüßern gesellt sich zu den Schlundknoten eine größere oder geringere Zahl von Bauchknoten, die, an der Bauchseite liegend und in der Regel durch doppelte Längsstränge von Nervenfasern mit einander verbunden, das sogenannte Bauchmark darstellen.

Da wo Glieder vorhanden sind, entspringen ihre Nerven von den Bauchknoten. Bei den Würmern versorgen diese die Muskeln und die Haut. Für die Eingeweide besteht bei den eigentlichen Ringelwürmern, sowie bei den Krebsen, Spinnen und Kerbthieren noch eine Anzahl besonderer Nervenknoten, deren Nerven vorzugsweise den Darmkanal versehen und mit den

---

*) Carl Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie, 2. Auflage, Leipzig 1870, S. 384.

Kopf- und Bauchganglien vielfach in Verbindung stehen.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß diese Eingeweidenerven auch unmittelbar von den Kopfganglien abhängen. Entspringen doch die Darmnerven bei den Strudel- und Saugwürmern, die der Bauch- und Eingeweideknoten noch entbehren, geradezu aus den Nervenknoten des Schlundes.

Allgemeiner Charakter der wirbellosen Thiere, die überhaupt mit einem Nervensystem versehen sind, bleibt also das Vorhandensein einer Anzahl zerstreuter Nervenknoten, von welchen Nerven zu Bewegungs- oder Absonderungsorganen ausstrahlen, während sie Sinnesnerven empfangen.

Die durch zahlreiche Ganglien vermittelte Arbeitstheilung beschränkt die Bezüge zwischen den einzelnen Körpertheilen und damit die Einheit des Heerdes, der alle diese Bezüge zusammenfaßt. In diesem Sinne kann auch physiologisch bei Würmern, Insekten oder Schnecken von keinem eigentlichen Gehirn die Rede sein, gleichwie die Annahme eines solchen aus dem Gesichtspunkt der Formentwicklung von Gegenbaur mit Recht, trotz aller Aehnlichkeit in der Verrichtung, bekämpft wird*).

---

*) Carl Gegenbaur, a. a. O., S. 188, 368, 724.

Für die Gruppe der Gliederthiere im weitesten Sinne, Ringelwürmer und Gliederfüßer, ist die Gliederung des Lebens, d. h. ein gewisser Grad von Unabhängigkeit der einzelnen Glieder bezeichnend.

Einen merkwürdigen Versuch, um diese Theilung des Lebens zu erweisen, habe ich von meinem stets betrauerten Freunde Defilippi anstellen sehen, der bei Seidenraupen einige wenige ihrer gut sichtbaren Luftlöcher mit Kitt verstopfte, worauf der entsprechende Körpertheil in Lähmung verfiel, während vor und hinter demselben die Bewegung fortdauerte. Die Anordnung der Luftröhren, die bei den Insekten sämmtliche Organe aufsuchen, muß also der Art sein, daß die Luft nicht frei durch alle Theile strömt, wenn einige Luftlöcher geschlossen werden, und es gelingt daher einen oder einige wenige Nervenknoten des Bauchmarks außer Thätigkeit zu setzen.

Gegenüber diesem getheilten Leben erscheint es als ein Fortschritt, wenn die Knoten des Bauchmarks mit einander verschmelzen. Viele Kerbthiere lehren bei ihrer Verwandlung, daß sich hierin wirklich eine fortschreitende Entwicklung bekundet, insofern bei manchen Arten das vollkommene Insekt eine geringere Anzahl von Bauchknoten enthält als dessen Larve.

Bei den eigentlichen Spinnen, die durch ihren Kunsttrieb, ja sogar durch ihre Kunstliebe in hohem

Grade ausgezeichnet sind, ist das ganze Bauchmark zu Einem großen Ganglion verschmolzen, das durch sehr kurze Nervenbündel mit dem Kopfknoten verbunden ist.

Schnecken und Tintenfische*) wiederholen die Zusammenlagerung der Nervenzellen in wenigen Heerden, unter denen die Knoten über und unter dem Schlund die Hauptrolle spielen. In diesen Knoten unterscheiden sich aber besondere Ganglien für die Fühler, für die Kiemen, die bei vielen Kiemenschnecken den oberen, bei den Tintenfischen dem unteren Schlundknoten angehören.

Versuche, die Faivre an Schwimmkäfern**) vorgenommen, weisen auf einen tiefgreifenden Unterschied zwischen dem oberen und unteren Schlundknoten der Kerbthiere hin. Nach diesen Versuchen soll das obere Schlundganglion die Bewegungen anregen, das untere dieselben ordnen, jenes hierdurch an die Verrichtungen des großen Gehirns bei den Wirbelthieren erinnern, dieses vielmehr an das kleine Gehirn, mit dem es schon von Newport verglichen wurde.

Zu diesem Gegensatz zwischen oberen und unteren Schlundknoten liefern die Schnecken ein lehrreiches Seitenstück, insofern ihre Sehnerven von dem oberen,

---

*) Sepia, zu den Kopffüßern, Cephalopoden, gehörig.
**) Dytiscus.

ihre Gehörnerven von dem unteren Schlundganglion entspringen. Da der Sehnerv bei den Wirbelthieren sich in's große, der Hörnerv wenigstens theilweise in's kleine Gehirn einsenkt, so ist für den von Newport und Faivre angestellten Vergleich auch bei den Weichthieren eine Grundlage zu finden. Bei Krebsen entspringt freilich der Hörnerv nach Hensen vom oberen Schlundganglion, bei den Heuschrecken dagegen entfernt er sich ganz vom Schlundring und kommt vom dritten Brustknoten.

Zu jenen Anklängen an das Reich der Wirbelthiere gesellen sich andere entschiedenere Merkmale des Uebergangs, die den Beweis liefern, daß auch von Seiten des Nervensystems die Wurzel der Wirbelthiere bei den Wirbellosen zu suchen ist.

Als ein Kennzeichen dieser Art darf schon die erste Bildung einer Art von Schädelkapsel gelten, die wie ein knorpeliges Gehäuse bei den Kopffüßern*) den größten Theil des Schlundrings einschließt.

Noch weit bedeutsamer aber ist der Umstand, daß schon bei den Seescheiden**) ein Markrohr sich bildet, welches mit der ersten Anlage der Nervenheerde, sowohl im Stamm der Wirbelthiere, wie bei der Entwicklung eines jeden Einzelwesens in diesem Stamme, übereinstimmt.

---

*) Cephalopoden.

**) Ascidien.

Jenes Markrohr entsteht bei den Seescheiden, beim Lanzettthierchen, wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus dem oberflächlichen Keimblatt*) ihrer Darmlarve**), und von seiner Entwicklung hängt es hauptsächlich ab, welche Stufe die Arten und die Einzelwesen des Thierreichs auf der Leiter des Gefühls- und Gedankenlebens einnehmen werden.

Bei den Seescheiden nimmt nun freilich diese Entwicklung die Form der Rückbildung an. Wenn ihre Larve die Eihülle verlassen hat, schwimmt sie, zunächst mit einem Ruderschwanze versehen, im Meere umher, und in dieser Zeit entwickeln sich nach Kowalewsky im vorderen Theile des Markrohrs zwei Sinnesbläschen, ein künftiges Auge und ein Gehörwerkzeug. Nach einiger Zeit aber setzen sich die Seescheiden auf steiniger, pflanzlicher oder thierischer Grundlage, auf einer Muschel oder Koralle z. B., fest, verlieren den Schwanz, und während dem schrumpft das Markrohr zu einem kleinen Schlundknoten ein, welcher oberhalb der Mundöffnung gelegen ist.

Da dieser Schlundknoten aus einem ursprünglich als Markrohr angelegten Nervenheerde entsteht, und bei den höchst entwickelten Wirbelthieren sämmtliche Nervenheerde, von den Stirnlappen des großen Gehirns

---

*) Ectoderma.

**) Gastrula oder Metagastrula.

bis zum Rückenmark, aus eben solchem Markrohr hervorgehen, so läßt sich die Meinung nicht verwerfen, daß der obere Schlundknoten der Wirbellosen und die Nervenheerde der Wirbelthiere entwicklungsgeschichtlich als gleichwerthig zu betrachten sind.*). Mit anderen Worten, Hirn und Rückenmark der Wirbelthiere wären das Erzeugniß einer fortschreitenden, oft gewaltigen Entfaltung des oberen Schlundknotens.

Wenn sich bei vielen niederen Thieren im unteren Schlundknoten ein Theil der höchst begabten Nervenzellen ansammelt, so ist dies nur von Neuem eine Beleuchtung der Thatsache, daß diese höchst begabten Nervenzellen bei den Wirbellosen durch den Organismus mehr zerstreut sind, während sie bei den Wirbelthieren inniger verbunden bleiben und unter einander einen unendlich vielseitigen Zusammenhang besitzen.

In dem mittleren Theil des oberen Keimblatts setzt sich bei den Wirbelthieren eine längliche Mittelplatte zu den umgebenden Theilen in Gegensatz. Jene Mittelplatte enthält nämlich die Zellen, deren wuchernde

*) Homolog. Vgl. Gegenbaur, a. a. O., S. 721.

Vermehrung dem Rückenmark und Hirn seinen Ursprung verleihen wird. Die äußeren Theile des oberen Keimblatts dagegen, in welchen die Mittelplatte wie eine kleine längliche Insel gelegen ist, liefern Oberhautgebilde, und zwar nicht bloß an der äußeren Oberfläche der Haut, sondern für alle Sinneswerkzeuge, die Mundhöhle und deren Drüsen mit inbegriffen.

Um einen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, der die Namen der Gruppen nach ihren wichtigsten Vertretern bezeichnet, wir begegnen hier im oberen Keimblatt einer Theilung in Denk- und Deckzellen, nur daß diese Deckzellen die wichtige Bedeutung haben, mechanische Schwingungen, die bald als Berührung, bald als Schall-, Wärme- oder Lichtwellen erscheinen, oder chemische Veränderungen mittelst der Nervenfasern auf Denk- und Bewegungszellen zu übertragen.

Unter den Rändern der Mittelplatte, des sogenannten Achsentheils des oberen Keimblatts, wachsen mit besonderer Schnelligkeit zwei Streifen des mittleren Keimblatts, die Wirbelplatten, in die Höhe. In Folge dessen erheben sich die Ränder des Achsentheils*), sie verwandeln die Mittelplatte in eine Rinne, und indem sie einander allmälig entgegen wachsen, sich begegnen und zuletzt mit einander verbinden, entsteht das Mark-

*) Vgl. Jac. Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. X, S. 16.

rohr, in welchem die erste Anlage des Hirns und Rückenmarks gegeben ist.

Die Stelle, an der die Rinne zuerst zum Rohr geschlossen wird, ist die Ursprungstätte des verlängerten Marks. Was weiter nach hinten liegt, wird zum Rückenmark, was weiter nach vorn gelegen ist, entwickelt sich zu höheren Hirngebilden.

In dieser Weise läßt sich die erste Anlage der Nervenheerde in jedem befruchteten Kaninchen- oder Hühnerei beobachten.

Nun giebt es in der Entwicklung eine Stufe, auf welcher das Markrohr in seiner ganzen Länge geschlossen ist, mit Ausnahme seines vorderen Endes, an dem sich eine Erweiterung wahrnehmen läßt, die das Erscheinen des ersten Hirnbläschens vorbereitet.

Jetzt hat sich im Eie eines höheren Wirbelthiers die Durchgangsform gebildet, bei der das Lanzettthierchen in seiner Entwicklung stehen bleibt. Es ist nur hervorzuheben, daß bei diesem die vordere Ausmündung zuletzt sehr klein wird und die Anschwellung, die beim Hühnerembryo bald ein deutlich abgesetztes Bläschen wird, so schwach ist, daß man im Zweifel darüber bleiben kann, ob man hier überhaupt schon von einem gesonderten Hirn reden darf oder nicht*).

*) Vgl. Häckel, Anthropogenie, 3. Aufl. 1877, S. 342, 336,

Hinsichtlich der ersten Bildung eines geschlossenen Markrohrs besteht zwischen den Larven der Seescheiden, dem ausgebildeten Lanzettthierchen und den Embryonen der höchsten Wirbelthiere nur ein gradweiser Unterschied. In allen wesentlichen Merkmalen stimmen sie mit einander überein.

Wenn man nun von den Seescheiden absieht, in welchen, wie oben bemerkt wurde, das Markrohr eine Rückbildung erleidet, dann findet man die Uebereinstimmung zwischen Stammesgeschichte und Personengeschichte auch in allen Grundzügen der Entwicklung wieder.

Die Entwicklung eilt in beiden, im Einzelwesen wie im Stamme, voran.

Beim Hühnchen sind schon wenige Stunden nach der Bildung des ersten Hirnbläschens ein zweites und drittes zu unterscheiden. Man spricht dann von einem Vorder-, Mittel- und Hinterhirn.

Und wenn man im Stamme der Wirbelthiere vom Lanzettthierchen zu den Rundmäulern*) aufsteigt, dann findet man jene drei Abtheilungen des Gehirns schon deutlich ausgeprägt. Bei der Prickenlarve**) zwar beschränkt sich das Gehirn noch auf ein einfaches birn-

---

551. Huxley, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere, übersetzt von Ratzel, Breslau 1873, S. 104.

*) Cyclostomen.

**) Larve von Petromyzon.

förmiges Bläschen, welches jedoch deutlich vom übrigen Theil des Rückenmarkes abgesetzt ist, aber bei den ausgebildeten Thieren sind nicht bloß das Vorder-, Mittel- und Hinterhirn zu unterscheiden, sondern bereits diejenigen Entwicklungen derselben, welche es möglich machen, auf dieser niederen Stufe der Stammesgeschichte die Anlagen aller wesentlichsten Hirntheile der höheren Wirbelthiere zu unterscheiden.

Im Eie dieser letzteren trennt sich alsbald das Vorderhirn in zwei Theile, deren vorderster den Namen Vorderhirn*) beibehält, während der folgende als Zwischenhirn**) bezeichnet wird. Jenes wird bald paarig, während dieses vorläufig unpaar bleibt. Das Mittelhirn***) wird noch ferner durch eine einfache Blase gebildet, aber es wächst so rasch, daß es längere Zeit hindurch im Embryo die größte Abtheilung des Hirnes darstellt. Das Hinterhirn endlich zerfällt in das Hinterhirn†) im engeren Sinne und in das Nachhirn††). Unter diesen Abtheilungen des Hirns, deren Zahl jetzt zu fünf herangewachsen ist, entspricht die vordere den künftigen Großhirnballen, die zweite oder das Zwischenhirn den Sehhügeln und dem Raum, den

---

*) Prosencephalon.
**) Parencephalon.
***) Mesencephalon.
†) Metencephalon.
††) Epencephalon.

sie zwischen sich fassen, mit dessen Anhängen, die dritte, das Mittelhirn, den künftigen Vierhügeln, die vierte oder das Hinterhirn dem Kleinhirn, die fünfte endlich oder das Nachhirn dem verlängerten Mark.

Und alle diese Theile sind schon im Gehirn der Lampreten zu erkennen. Aber die Großhirnballen sind kleiner als die aus ihnen hervorgegangenen Riechlappen und kleiner als das Mittelhirn, welches hier noch nicht in vier, sondern nur in zwei Hügel abgetheilt ist. Sehr wenig entwickelt ist endlich das Kleinhirn.

Alle diese Theile liegen hinter einander, wenn man das Schädeldach und die obersten Wirbel entfernt hat mit ihrer Oberfläche frei zu Tage, ohne daß ein Theil den anderen bedeckt.

Ganz ähnlich wiederholt sich diese Anordnung bei den Urfischen*) und Lurchen**). Nur ist bei den Letzteren das Großhirn mehr und das Kleinhirn weniger entwickelt, was auch im Vergleich zu den Urfischen sehr in die Augen fällt.

Das Vorherrschen des Mittelhirns über die Großhirnballen ist ein Merkmal niedriger Entwicklung des Hirnbaues, das bei vielen Knochenfischen wiederkehrt,

---

*) Selachier.

**) Amphibien.

beim Barsch, beim Hecht, beim Seehahn*), Harder**), Wels***) und ganz besonders beim Mondfisch†) und Thunfisch. Das Vorherrschen des Mittelhirns geht hier so weit, daß es das vor demselben gelegene Zwischenhirn ganz verdeckt, ja bisweilen scheinbar in sich aufnimmt. Ebenso kann das kleine Gehirn bei den Knochenfischen, beim Harder z. B. und noch mehr beim Hechte, einen großen Abschnitt des verlängerten Marks bedecken.

Es ist also im Ganzen für die Fische bezeichnend, daß ihr Vorderhirn wenig, ihr Mittel- und Hinterhirn im Verhältniß bedeutend entwickelt sind.

Dieses Verhältniß kehrt sich, wie schon angedeutet wurde, für Vorderhirn und Hinterhirn bei den Lurchen in der Regel um. Beim Frosche z. B. ist das Vorderhirn sammt Riechlappen und Zwischenhirn viel mächtiger als das Mittelhirn, das Kleinhirn dagegen so wenig entwickelt, daß es dasjenige des Neunauges††) nicht übertrifft. Das Mittelhirn ist immerhin noch von ansehnlicher Größe und in zwei Hügel abgetheilt, die

*) Trigla adriatica.

**) Mugil capito.

***) Silurus Glanis.

†) Orthragoriscus mola. Man vergleiche die betreffenden Abbildungen bei Kuhn, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, Heidelberg 1878, S. 544, 550, 558.

††) Petromyzon fluviatilis.

hier, wie bei den Fischen öfters den Namen Sehlappen*) führen, weil von ihrer Unterfläche die Sehnerven entspringen.

Die Großhirnballen der Frösche, wie der Lurche überhaupt, sind aber nicht bloß durch ihre verhältnißmäßige Größe, sondern auch durch die Art ihres inneren Baues vor denen der Fische ausgezeichnet. Bei diesen sind sie ein einfaches festes Gebilde, ohne Hohlraum, das man als Ganzes mit den Streifenhügeln der höheren Wirbelthiere verglichen hat. Dagegen enthalten die Großhirnballen der Frösche bereits eine Höhle, in welcher sich der Streifenhügel als ein innerer Nervenknoten von der Hülle absondert**).

Allmälig schreitet die Entwicklung der Hirngebilde in der Klasse der Schleicher***) weiter. Die Großhirnballen werden ansehnlicher, ihre Streifenhügel deutlicher, ihre Höhlen weiter, nach vorn mit derjenigen der gestreckten Riechlappen, nach hinten mit dem Zwischenraum zwischen den Sehhügeln, der sogenannten dritten Hirnkammer, zusammenmündend. Das Zwischenhirn, dessen verdickte Wand eben die Sehhügel darstellt und

*) Lobi optici, gleichbedeutend mit Eminentia bigemina oder quadrigemina, wohl zu unterscheiden von den Sehhügeln, Thalami optici.

**) Vgl. Gegenbaur, a. a. O., S. 729. Huxley, a. a. O., S. 161.

***) Reptilien.

folglich die mittlere Hirnkammer enthält, ist bei Schlangen und Eidechsen von den Großhirnballen verdeckt. Frei dagegen liegen hinter ihnen die Zweihügel oder das Mittelhirn zu Tage. Sie sind gleichfalls ausgehöhlt, und münden durch den längsläufigen Verbindungskanal ihrer Höhlen in die rautenförmige Grube, die an der hinteren Oberfläche des verlängerten Marks die sogenannte vierte Hirnhöhle darstellt. Das vordere Ende der Rautengrube ist von dem Kleinhirn überbrückt, das bei den Schlangen nur ein schmaler Querstreif ist, dem der Frösche vergleichbar, bei den Eidechsen schon breiter wird, und noch mächtiger bei Schildkröten und Krokodilen auftritt. Das Kleinhirn der Schildkröten erinnert an das mehr oder weniger weit nach hinten reichende vieler Knochenfische. Dasjenige der Krokodile aber besitzt schon die für die Vögel und Säugethiere charakteristische Dreitheilung, die sich vorläufig durch einen größeren mittleren Theil mit zwei kleinen seitlichen Anhängseln kenntlich macht. Der mittlere größere Theil heißt von jetzt an der Wurm des Kleinhirns. Er ist schon bei den Krokodilen durch Querspalten in hinter einander liegende Blätter abgetheilt.

Von den Fröschen durch die Schlangen und Eidechsen zu den Schildkröten und Krokodilen aufsteigend, gewahrt man also eine allmälige Ausbildung, die sich namentlich an den Großhirnballen und dem Kleinhirn

geltend macht. Im Vergleich zu den Fischen und Fröschen ist bei den Schleichern schon eine verhältnißmäßige Rückbildung des Mittelhirns bemerkbar, ähnlich wie sich diese beim Hühnchen im Eie während der zweiten Woche der Bebrütung beobachten läßt.

Die so oft betonte Aehnlichkeit, welche die Schleicher und Vögel in ihrem Gesammtbau, trotz Schuppen und Federn, als nahe Verwandte ausweist, bleibt sich auch treu, wenn man die Bildung des Gehirns in diesen beiden Klassen vergleicht.

Ein großer Theil der besonderen Eigenthümlichkeiten, die dessenungeachtet das Vogelhirn auszeichnet, läßt sich darauf zurückführen, daß sie in außerordentlich hohem Grade Kurzköpfe*) sind.

Zwar sind die Großhirnballen bei den Vögeln noch besser entwickelt als bei den Schleichern, aber diese Entwicklung hat hauptsächlich in die Breite stattgefunden. Hier wie dort enthalten sie die Streifenhügel, von einem dünnen Hirnmantel überwölbt, durch ein dürftiges Bündel querverlaufender Nervenfasern**) mit einander verbunden.

Weder bei den Vögeln, noch bei den Schleichern bedecken die Großhirnballen die Zweihügel, aber diese sind im kurzen Vogelschädel, als wenn sie keinen Platz

*) Brachycephali.

**) Commissura anterior.

gefunden hätten, sich in der Längsrichtung zwischen den Großhirnballen und dem Kleinhirn auszubreiten, nach unten und zur Seite gedrängt. Der Raum, den sie nach oben zwischen sich fassen, ist durch ein Querband von Nervenfasern überbrückt, welches den Verbindungskanal*) zwischen dritter und vierter Hirnhöhle nach oben abschließt.

Die seitlichen Anhänge des Kleinhirns sind noch schmächtig, viel ansehnlicher dagegen schon als bei den Schleichern. Der mittlere Theil desselben, der sogenannte Wurm, der sich nach vorn an die Großhirnballen anlehnt, deckt nach hinten so ziemlich die ganze Rautengrube des verlängerten Markes zu. Durchschneidet man diesen Wurm des Kleinhirns in der Mitte der Länge nach, dann erscheint eine baumartige Figur**), als Ausdruck der zahlreichen Querblätter und Querblättchen, in welche er durch mehr oder weniger tief eindringende Spalten abgetheilt ist. Die Zeichnung wird deutlich durch die Vertheilung der weißen und grauen Schichten, von denen jene das Mark, diese die Rinde der Blätter und Blättchen bilden.

Schon bei vielen Knochenfischen liegen die sämmtlichen Hauptabtheilungen des Gehirns im geöffneten Schädel nicht mehr frei hinter einander zu Tage. Das

---

*) Aquaeductus Sylvii.

**) Arbor vitae.

Zwischenhirn liegt zwischen den Großhirnlappen und dem Mittelhirn verborgen. Bei allen Vögeln aber kann man noch die Zweihügel oder Sehlappen, aus denen das Mittelhirn besteht, wenigstens zu einem guten Theile zwischen dem Hinterrand der Großhirnballen und den Seitenrändern des Kleinhirns erkennen.

Wenn man nun in der Säugethierreihe von den Kloakenthieren*) bis zum Menschen aufsteigt, dann ist die allmälige Ausbildung der Großhirnballen, ihr immer ausgedehnteres Vorherrschen über die übrigen Hirntheile das ausgezeichnetste Merkmal, an dem man den Fortschritt erkennen kann.

In doppelter Weise läßt sich jene vorwaltende Entwicklung der Großhirnballen augenfällig darstellen. Zunächst sehen wir dieselben sowohl nach vorn, wie nach hinten, ja auch zu beiden Seiten vorwachsen. Die Folge davon ist, daß sie schon bei den menschenähnlichen Affen nach vorn die Riechlappen, nach hinten das Kleinhirn vollständig überragen. Da aber während dieser fortschreitenden Ausbildung der Großhirnballen das Mittelhirn oder die Vierhügelmasse an Wachsthum zurückbleibt, so hat Johannes Müller dieselbe Thatsache in Form eines anderen Gesetzes ausgedrückt, nach welchem die Entwicklungsstufe, die ein Thier ein-

*) Monotremata, Ornithodelphia.

nimmt, um so höher steht, je mehr die Masse seiner Großhirnlappen über die der Vierhügel vorherrscht.

Das Zwischenhirn wird, wie schon bei den Schleichern und Vögeln, bei allen Säugethieren von den Großhirnballen verdeckt. Aber schon von den Vierhügeln läßt sich nicht mehr dasselbe behaupten, denn bei einigen Beutelthieren, Nagern und Insektenfressern liegt ein mehr oder weniger großer Antheil der Vierhügel frei zu Tage. Selbst am Kaninchenhirn kann man zwischen dem Kleinhirn und den Großhirnballen einen Theil der Vierhügel erblicken, und ein sehr großer Theil seiner Riechlappen ragt frei unter dem vorderen Ende der Großhirnballen hervor. Beim Igel reichen die Großhirnballen kaum über das hintere Ende der Vierhügel hinaus. Bei den Raub- und Hufthieren beginnt das hintere Ende der Großhirnballen einen Theil des Kleinhirns zu bedecken. Das Hunde- und mehr noch das Schweinehirn bekunden in dieser Beziehung schon einen wesentlichen Fortschritt. Beim Delphin verbirgt sich das kleine Gehirn größtentheils unter dem großen. Unter den plattnasigen Affen beobachtet man hinsichtlich dieses Punktes bei einigen Arten, beim Brüllaffen*) z. B., einen Rückschritt, insofern von oben gesehen das Kleinhirn beinahe ganz frei liegt. Dagegen wird

*) Mycetes.

dasselbe schon bei den Krallenaffen*) von den Großhirnballen weit überragt, was sich bei manchen Plattnasen, z. B. beim Eichhörnchenaffen**), wiederholt. Unter den Schmalnasen gemahnt der Siamang***) noch einmal an das niedere Verhältniß, indem sein Kleinhirn von den Großhirnballen nicht ganz bedeckt wird, was sonst bei allen menschenähnlichen Affen, wie beim Menschen, die Regel ist.

Um aber zu beweisen, daß in diesem Auswachsen der Großhirnballen ein aufsteigender Fortschritt zu erkennen ist, breitet uns die Entwicklungsgeschichte der menschlichen Frucht einen festen Boden unter die Füße. Denn auch hier liegen in der zweiten Hälfte des ersten Monats die einzelnen Abtheilungen des Gehirns, die Hirnbläschen, hinter einander, und erst im zweiten Monat beginnt das Vorderhirn das Zwischenhirn nach hinten zu überwachsen. Am Ende des vierten Monats erreichen die Großhirnlappen den Vorderrand der Vierhügel, um im Anfang des sechsten Monats zunächst diese und im siebenten auch das Kleinhirn völlig zu bedecken. (Tiedemann.)

Gegen Ende des zweiten Monats, ja selbst im dritten, ist das Mittelhirn noch einfach und noch so

*) Arctopitheci.

**) Chrysothrix.

***) Eine Gibbon-Art, Hylobates syndactylus. Vgl. Huxley, a. a. O., S. 405.

groß, daß es an Masse hinter dem Kleinhirn oder hinter einem Großhirnballen kaum oder nur wenig zurücksteht. Auch im vierten Monat ist es noch nicht in die vier Hügel getheilt, aber die Großhirnballen sind ihm jetzt an Rauminhalt bedeutend und auch das Kleinhirn mindestens um das Doppelte überlegen.

Kurzum, es begiebt sich in der Geschichte des Einzelwesens das, was die Stammesgeschichte als Entwicklungsgeschichte ausweist. Der allmälig fortschreitende Aufbau in der Frucht des menschlichen Weibes lehrt, daß es sich in der Thierreihe in der That um eine aufsteigende Entwicklung handelt.

Wenn aber die Großhirnballen sich entwickeln, dann nehmen sie nicht bloß an Größe zu, es sondert sich auch ihre Oberfläche in einzelne Gebiete. Es entstehen Furchen und Windungen, die mit grauen Schichten an ihrer Oberfläche belegt sind.

Diese Windungen sind im Allgemeinen um so zahlreicher und unregelmäßiger gebildet, je höher eine Art in der Thierreihe steht.

Weil aber die grauen Schichten an der Oberfläche der Windungen zum größten Theil aus Nervenzellen bestehen, so bedeutet die reichere Entfaltung der Hirnwindungen zugleich Vergrößerung ihrer Oberfläche und eine gewaltige Vermehrung in der Zahl ihrer Nervenzellen.

In der Thierreihe tritt die erste Andeutung von Hirnwindungen an dem Mittelhirn, Zwischenhirn und Hinterhirn früher auf als an den Großhirnballen. Man kennt sie vom Mittelhirn gewisser Urfische*), an den Sehhügeln des Thunfisches, an dem Kleinhirn der Krokodile.

Erst bei den Vögeln tritt an den Großhirnballen eine Seitenfurche auf, zu der sich bei den Papageien einige Windungen gesellen. Der letztgenannte Umstand ist aber um so bedeutungsvoller, da wichtige Beobachtungen das Vorhandensein bestimmter Hirnwindungen mit dem Sprachvermögen in Beziehung bringen.

Je niedriger nun die Säugethiere stehen, um desto ärmer ist die Oberfläche ihres Gehirns mit Windungen versehen. Beim Schnabelthier**), der Beutelratte***), dem Ameisenfresser†), den Fledermäusen, sind die Großhirnballen durchaus glatt. Dies wiederholt sich noch bei manchen Nagern, dem Eichhörnchen z. B., und unter den Insektenfressern beim Maulwurf. Beim Igel und bei den Bärenäffchen††) ist die Oberfläche beinahe glatt, und selbst unter den Plattnasen sind die

---

*) Selachier, bei Carcharias.

**) Ornithorhynchus, Kloakenthier.

***) Didelphys, Beutelthier.

†) Myrmecophaga, Zahnloser, Edentate.

††) Arctopitheci.

Schweifaffen*), Eichhörnchenaffen**) und Nachtaffen***) den Bärenäffchen kaum überlegen.

Dagegen sind unter den Walthieren†), Flossenfüßern††), Hufthieren die Delphine, Robben, Elephanten, Pferde, Rennthiere, Ochsen, Schaafe durch zahlreiche und zum Theil sehr unregelmäßige Windungen ausgezeichnet. Cuvier und Laurillard haben hervorgehoben, daß es sich hier vielfach um Thiere handelt, die im Naturzustand gesellig leben.

Aber die höheren Affen stehen dem Menschen durch die Entwicklung der Windungen ihrer Großhirnballen am nächsten, und doch selbst bei denen, die sich vom Menschen durch die Ausbildung ihrer geistigen Fähigkeiten am wenigsten entfernen, sind die Hirnwindungen regelmäßiger gestaltet, die Halbinseln haben auf den beiden Halbkugeln des Hirns eine viel größere Aehnlichkeit der Umrisse, sie sind weniger zahlreich als beim Menschen. (Tiedemann.)

Offenbar hält die Vermehrung der grauen Hirnrinde, d. h. ihre Bereicherung an Nervenzellen, wie sie sich durch die Vermehrung der Windungen bekundet, im Großen und Ganzen mit der höheren Entwicklung

---

*) Pithecia.
**) Chrysothrix.
***) Nyctipithecus.
†) Cetacea.
††) Pinnipedia.

der geistigen Anlagen Schritt, so daß sie also, alles Uebrige gleich gesetzt, als ein Merkmal der höheren Ausbildung des Gehirns zu betrachten ist.

Dennoch ist auch hier die Bestätigung dessen, was die Stammesgeschichte lehrt, durch die Personengeschichte willkommen.

Im zweiten Monat des Fruchtlebens ist aber die Oberfläche des Großhirns beim Menschen durchaus glatt. Im dritten Monate treten einzelne Furchen auf, die im vierten Monat zahlreicher und deutlicher werden. Im fünften Monat erleiden die Windungen eine Rückbildung, so daß die Oberfläche der Großhirnballen im sechsten Monat wieder ganz glatt geworden ist, um erst im siebten und namentlich im achten Monat, zur Zeit ihres rasch fortschreitenden Wachsthums, mit neuen, und nunmehr bleibenden Windungen versehen zu werden.

Die Probe auf die Rechnung ist gewiß befriedigend. Was in der Geschichte des Embryo Entwicklung bedeutet, kann in der Stammesgeschichte keinen anderen Sinn haben.

Und doch bietet gerade das Verhalten der Windungen die lehrreichste Gelegenheit, um die Regel einzuschärfen, daß jedes Entwicklungsmerkmal nur dann volle Bedeutung hat, wenn es mit den anderen Schritt hält.

Wer sich ausschließlich auf die Windungen beschränken wollte, um die Entwicklungsstufe eines Gehirns zu beurtheilen, der müßte sich's gefallen lassen, daß man die von Leuret wiederholt aufgeführte Spottgeschichte auf ihn bezöge. Leuret zeigte nämlich gerne den Schädeldeutern*) neben einander das windungsreiche Gehirn eines Schafes und das im Wesentlichen durch nur vier sehr regelmäßig auf seinen Halbkugeln verlaufende Längswindungen ausgezeichnete Gehirn eines Schäferhundes, um sie mit der Frage zu überraschen, welches von beiden Hirnen dem Führer und welches dem Geführten gehöre, worauf dann die in die Falle Gelockten jedes Mal fehl riethen.

Es unterliegt keinem Zweifel, es giebt namentlich unter den Fleischfressern kluge, listige, gewandte und gelehrige Thiere, noch dazu Thiere, deren Gemüth eines hohen Grades von Ausbildung fähig ist, wie der Hund, dessen Gehirn in seinen Windungen eine überraschende Einfachheit zeigt, während bei dummen Wiederkäuern verhältnißmäßig windungsreiche Gehirne vorkommen.

Das heißt aber nur, daß die Windungen nur dann Beweiskraft haben, wenn sie in sonst ähnlichen Gehirnen einen wesentlichen Unterschied zeigen. Nur wenn alles Uebrige sich gleich oder mindestens sehr ähnlich

*) „Phrenologen."

verhält*), kann ein einziges Merkmal den Ausschlag geben.

So kennt man aus der niedrigsten Ordnung der Säugethiere zwei Gattungen, den Ameisenigel**) und das Schnabelthier***). Beide sind Kloakenthiere und erinnern nicht bloß durch ihren Schnabel und die Kloake an die Vögel. Dies gilt nun auch für die Großhirnballen des Schnabelthiers, welche ganz glatt sind, während die des Ameisenigels zahlreiche Windungen besitzen. Vom Schnabelthier wird aber die Dummheit ausdrücklich hervorgehoben.

Unter den Beutelthieren muß jedenfalls die von der Jagd lebende Beutelratte dem scheuen pflanzenfressenden Känguruh geistig überlegen sein. Dennoch besitzt letzteres verhältnißmäßig große und vielfach gewundene Großhirnballen, während diese bei der Beutelratte klein und glatt sind und die Riechlappen in größter Ausdehnung unbedeckt lassen. Allein die Beutelratten haben im Verhältniß zu ihrer Körpergröße unstreitig mehr Gehirn als die kleinköpfigen Känguruh's.

Dagegen ist es gewiß beweiskräftig für die Bedeutung der Windungen, daß man diese beim Haushunde

---

*) Ceteris paribus.
**) Echidna.
***) Ornithorhynchus.

weniger regelmäßig und durch zahlreichere Querbrücken verbunden antrifft, als sie bei den nächst verwandten wild lebenden Arten, beim Wolf oder beim Fuchse vorkommen*). Das Hirn der Jagdhunde ist besonders reich an Windungen**).

Wenn man das Gehirn eines Halbaffen oder eines Plattnasen arm an Windungen trifft, dann bedarf es einer sorgfältigen Vergleichung des gesammten Hirnbaus, bevor man sich erlauben kann ein solches Gehirn für minder entwickelt als das Gehirn eines Raubthiers zu erklären. Aber wenn man die menschenähnlichsten Affen reicher an Hirnwindungen findet als ihre nächsten Verwandten unter den Affen, dann kann es keinem Zweifel unterliegen, daß eben dieser Reichthum an Windungen ein Aufsteigen auf der Entwicklungsleiter bedeutet.

Nur darf man nicht vergessen, daß der äußere Anschein des Reichthums an Windungen täuschen kann, wenn ihre graue Rinde an Mächtigkeit eingebüßt hat, oder wenn die grauen Schichten, die sich gewöhnlich durch ein dichtes Haargefäßnetz auszeichnen, an Blutgefäßen verarmt sind. (Longet.)

---

*) Gustav Huguenin, Allgemeine Pathologie des Nervensystems, Zürich 1873, Theil I., S. 26.

**) Longet, traité de physiologie, 3e édition, Paris 1869, T. III., p. 440, nach Desmoulins.

Eben weil die Hirnrinde und folglich der Reichthum an Windungen Verschiedenes bedeuten kann, hat man die Eintheilung der Großhirnballen in Lappen zu Hülfe gerufen, um die Rangordnung des Hirnbaues vielseitiger schätzen zu können.

Jede Halbkugel des großen Gehirns oder sogenannter Großhirnballen läßt sich nämlich in fünf Lappen eintheilen. Ein mittlerer in der Tiefe verborgener Lappen ist umgeben von einem vorderen, einem hinteren, einem oberen und einem unteren. Der vordere liegt in der Stirngegend, der hintere in der Gegend des Hinterkopfs, der obere entspricht dem Scheitel, der untere der Schläfe des Schädels. Die vier Lappen, welche den mittleren umgeben, besitzen, jeder einzeln, drei Hauptwindungen. (Gratiolet.)

Der Mensch, der Orang-Outang und der Chimpanse besitzen auch Windungen auf dem mittleren Lappen, und zwar der Mensch in größerer Anzahl als der Orang und der Chimpanse. Bei allen übrigen Affen ist der mittlere Lappen durchaus glatt, wie bei jenen tiefer stehenden Säugethieren, die wie der Hund und das Schwein noch eine Art von mittlerem Lappen erkennen lassen.

Gratiolet, dem wir diese Angabe verdanken, hat sich überhaupt auf's Eifrigste bemüht, genaue Unterschiede zwischen dem Hirn des Menschen und dem

der höchst entwickelten Affen anzugeben. Er hebt es namentlich hervor, daß beim Menschen, wie beim Affen, außer den Hauptwindungen Uebergangswindungen vom Hinterhauptslappen gegen den Scheitel- und Schläfelappen verlaufen. Beim Menschen sind zwei von diesen Windungen groß und oberflächlich. Sie füllen eine senkrechte Furche, die beim Affen den Hinterhauptslappen vom Scheitellappen trennt, vollständig aus. Durch diese Eigenthümlichkeit ist das Hirn des Menschen dem Hirn aller Affen überlegen. Es fehlen nämlich jene Uebergangswindungen dem Hirn der Menschenaffen nicht, sie sind nur in der Tiefe der eben erwähnten Furche verborgen und können sogar bei einigen derselben an die Oberfläche treten.

Vor dem Hirn der Affen ist das des Menschen ausgezeichnet durch die Größe seines Stirnlappens. Im Vergleich zu den Menschenaffen ist beim Menschen die Unterfläche des Stirnlappens voller gewölbt. Je höher die Affen stehen, desto mächtiger ist auch ihr Stirnlappen entwickelt. Seine Größe weicht jedoch zurück gegen die des Scheitellappens und des Hinterhauptslappens, wenn man sich in der Reihe der Affen nach abwärts bewegt. (Gratiolet.)

Die großen Halbkugeln besitzen jederseits eine Höhle, die sogenannte Seitenkammer, welche sich beim Menschen in ein vorderes, mittleres und hinteres, blind endigen-

des Horn fortsetzt. Das hintere Horn oder die sogenannte fingerförmige Grube fehlt zugleich mit dem Hinterlappen den meisten Säugethieren. Eine Andeutung des Hinterhorns findet sich zwar schon bei einigen im Wasser lebenden Raubthieren, sowie bei Robben und Delphinen. Aber erst in der Ordnung der Affen, mit Inbegriff der Krallenaffen*), wird die höhere Ausbildung des Hinterhauptslappens und das derselben entsprechende Hinterhorn ein durchgreifendes Merkmal.

Schon Leuret hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Entwicklung der Halbkugeln des großen Gehirns im Verhältniß zum kleinen wichtiger ist als die der Windungen. Beim Menschen übertrifft das Gewicht der Großhirnballen dasjenige des Kleinhirns 8½, beim Chimpanse nur 5¾ Mal. (Huxley.) Und ebenso ertheilt Gratiolet der Größe des Stirnlappens den Vorrang vor der Zahl und der Unregelmäßigkeit der Windungen. Erst wenn bei zwei Thieren die Halbkugeln des großen Hirns das kleine gleich weit nach hinten überragen und die Stirnlappen in beiden gleich entwickelt sind, werden die zahlreichen und unregelmäßigen Windungen entscheidend für eine höhere Entwicklungsstufe.

Die Affen, und namentlich die Halbaffen, besitzen nicht so wellenförmige Windungen wie der Elephant

*) Arctopithecini.

und der Walfisch. Aber die allgemeine Form des großen Hirns, das bei den Affen das kleine Gehirn nach hinten viel weiter überdeckt, und die Größe des Stirnlappens stellen das Hirn des Affen dem Menschen viel näher. (Leuret.)

Hieraus erklärt es sich auf ganz natürliche Weise, daß man die Entwicklung des Hirns von Menschen nicht lediglich nach dem Reichthum und der Unregelmäßigkeit der Windungen beurtheilen kann. Nur wenn die ganze Gestalt des Hirns, wenn die Entwicklung der Vorderlappen in zwei gegebenen Fällen durchaus gleich ist, wird man die Windungen zum Maaßstab erheben dürfen. Es begründet also durchaus keinen Einwurf gegen das stetige Verhältniß zwischen Bau und Denkkraft, daß bei Cretinen Gehirne vorkommen, die eine auffallende Anzahl von Windungen zeigen. Dazu kommt noch, daß innere Entartungen die Vorzüge der Windungen vollständig aufheben können.

Ein sehr kleines Gehirn ist häufig mit Geistesschwäche oder mit Blödsinn verbunden. Und wer die Bilder kennt von Vesal, von Shakespeare, von Hegel und Göthe, der hat wohl längst die Ueberzeugung erworben, daß eine hohe, freie Stirn, die einer mächtigen Entwicklung der Stirnlappen entspricht, den großen Denker verräth. Auch diese Regel wird nicht dadurch umgestoßen, daß ein Hirn mit großen

Stirnlappen in seinen übrigen Theilen mangelhaft entwickelt, arm an Windungen und regelmäßig in der Furchung beider Halbkugeln sein kann. Dann wird die Ueberlegenheit der Stirnlappen durch andere Nachtheile verdeckt oder aufgewogen, und es ist deshalb durchaus nicht unmöglich, daß hinter einer großen Stirn ein schwaches oder krankes Werkzeug der Gedanken wohnt. Man kann nicht oft genug an die wegen ihrer Einfachheit so häufig übersehene Wahrheit erinnern, daß zwischen der Entwicklung eines jeden einzelnen Merkmals im Hirnbau und der Vorzüglichkeit des ganzen Werkzeugs nur dann ein einfaches gerades Verhältniß herrscht, wenn die sämmtlichen übrigen Merkmale auf durchaus gleicher Stufe der Ausbildung stehen. Diese Denkregel scheint selbstverständlich, und doch wäre es leicht, namhafte Schriftsteller anzuführen, die sich dagegen versündigten.

Die Sache wird einem Jeden klar, wenn man sich mit den Größenverhältnissen des Gehirns im Ganzen beschäftigt. Ist es doch Niemandem eingefallen, den Erfahrungssatz, nach welchem das Hirn das Gedankenwerkzeug ist, damit bekritteln zu wollen, daß der Elephant, der Walfisch, einige große Delphine ein größeres Gehirn besitzen als der Mensch. Wie verhält sich das Gewicht des Hirns zu dem des ganzen Körpers? Das ist die Frage, die sich zunächst hier Allen auf-

drängt. Und da findet sich's, daß, während beim Menschen reichlich ein Fünfzigstel seines Körpergewichts aus Hirn besteht, das Körpergewicht des Elephanten dasjenige seines Hirns mehr als tausendfach übertrifft. Der Mensch hat also im Verhältniß zu seiner Körpermasse reichlich zwanzigmal so viel Hirn als der Elephant. Und in zweiter Linie kommt nun die Frage, wie sich der Mensch und der Elephant durch die Beschaffenheit ihres Hirns unterscheiden.

Schon vor langer Zeit hat Leuret eine Reihe von Zahlen aufgestellt, um das Verhältniß des Hirngewichts zu dem des Körpergewichts in den verschiedenen Thierklassen zu schätzen. Und seine Mittelzahlen sind beredt genug:

	Hirngewicht.		Körpergewicht.
Fische	1	:	5668
Lurche und Schleicher .	1	:	1324
Vögel	1	:	212
Säugethiere	1	:	186.

Wir werden später auf höchst bemerkenswerthe Ausnahmen von der Regel stoßen, nach welcher das höher begabte Thier einen größeren Bruchtheil seines Körpergewichts an Hirn besitzt. Aber gerade diese Ausnahmen werden uns auf's Neue veranlassen zu untersuchen, was im gegebenen Fall das Hirngewicht bedeutet.

So viel wird jedenfalls das Vorhergehende über den Leser vermögen, daß er, um unmittelbar aus dem Rohgewicht des Hirns einen Schluß zu ziehen, von jetzt an nur auf derselben Entwicklungsstufe der Thierleiter stehende Wesen mit einander vergleicht.

Wenn man die Zahlen, welche Tiedemann, Krause, Peacock, Huschke, Calori und Bischoff geliefert haben*), gleichmäßig benützt, dann besitzt das Hirn des Mannes durchschnittlich und in runder Zahl das Gewicht von 1400 Gramm. Aber die Gehirne von Cromwell und Byron wogen über 2200, das von Cuvier über 1800, das der Mathematiker Gauß und Dirichlet 1500 Gramm, während das Gewicht bei blödsinnigen Menschen unter 400 Gramm sinken kann**). Unter Zuziehung der Zahlen, die Vogt für das Hirn der Menschenaffen mitgetheilt, ergiebt sich für das Gewicht männlicher Gehirne folgende lehrreiche Uebersicht:

	Hirngewicht.
ausgezeichnete Männer . .	1500 — 2000 Gramm
mittleres Gewicht bei Männern	1400 "
Gorilla	500 "

*) Sie sind zusammengestellt bei Henle, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Bd. III., Abtheil. II. S. 85.

**) Cesare Lombroso, studi clinici ed antropometrici sulla microcefalia ed il cretinismo, Bologna 1873, p. 5.

		Hirngewicht.
Orang	. . . .	448 Gramm
Chimpanse	. . . .	417 „
mit angeborenem Blödsinn behaftete Menschen	. . . .	232—400 „ .

Was will es hiergegen sagen, daß es Geisteskranke mit Gehirnen gegeben hat, die 1750 bis 1800 Gramm wogen? (Bergmann, Parchappe.) Doch offenbar nichts Anderes, als daß für ein krankes Gehirn das Rohgewicht kein Maaßstab sein kann, um es mit der Entwicklung eines gesunden Hirns zu vergleichen.

Während das männliche Gehirn im Durchschnitt über 1400 Gramm wiegt, erreicht das weibliche nicht ganz das Gewicht von 1260 Gramm.

Davis hat endlich aus dem Rauminhalt des Schädels das mittlere Gewicht des Hirns bei verschiedenen Racen berechnet, und seine Zahlen lauten:

Europäer	. . .	1367 Gramm
Oceanier	. . . .	1319 „
Amerikaner	. . .	1308 „
Asiaten	. . . .	1304 „
Australier	. . .	1214 „
Afrikaner	. . .	1203 „ .

Kleine Unterschiede können hier offenbar wenig bedeuten. Wenn man aber die äußersten Zahlen berücksichtigt, lehrt doch auch diese Untersuchung, daß unter

sonst ähnlichen Umständen dem höheren Hirngewicht die höhere Begabung entspricht.

Wir haben nun zwei Größenverhältnisse ermittelt, durch welche die Entwicklung des Hirns dem Menschen den ausgezeichneten Platz anweist, den man nach der Entwicklungsfähigkeit seiner Hirnverrichtungen erwarten mußte. Der Mensch hat viel Hirn im Verhältniß zu seinem Körpergewicht und sehr entwickelte Großhirnballen im Vergleich zum Umfang seiner Vierhügel und seines Kleinhirns. Dazu gesellt sich nun ein drittes Merkmal hoher Ausbildung, auf welches Sömmerring, der berühmte Freund von Georg Forster, zuerst aufmerksam machte, daß nämlich das Hirn des Menschen im Verhältniß zu der Masse der von ihm ausstrahlenden Kopfnerven größer ist, als das Hirn von irgend einem anderen Thier.

Kurzum, je genauer man in die Untersuchung des Hirnbaus vordringt, um desto mehr stellt sich's heraus, daß das Hirn der Thiere nach Maaßgabe ihrer aufsteigenden Begabung dem Hirn des Menschen immer ähnlicher wird, in dem Grade, daß auch hier Huxley behaupten konnte, die Menschenaffen ständen in der Entwicklung ihres Hirnes dem Menschen näher, als den Affen Amerika's.

Und wenn man nur sonst ähnliche Thiere mit einander vergleicht, wenn man sich nicht ausschließlich

durch Ein einziges Merkmal leiten läßt, dann bestätigt sich durchgehends, daß ein großes Gehirn, stark entwickelte Großhirnballen mit zahlreichen, unregelmäßigen Windungen, insbesondere stark ausgebildete Stirnlappen unter den Thieren bei den menschenähnlichsten, unter den Menschen bei den begabtesten gefunden werden.

Es giebt am Hirn der höher entwickelten Säugethiere eine Furche, die von dem oberen Mittelrande jedes Großhirnlappens in der Nähe von dessen Mitte anfängt und von oben und hinten schräg nach vorn und unten verläuft*). Man kann sie mit Feré und Giacomini als die Grenze zwischen dem Stirntheil und dem Scheitel-Hinterhauptstheil der Großhirnballen betrachten. Je höher das menschliche Gehirn entwickelt ist, um desto weiter nach hinten beginnt am oberen Rand der Großhirnballen diese Furche. Während die größte Länge der Hirnballen 170 Millimeter beträgt, kann der bezeichnete Anfang um 125 Millimeter, also um mehr als zwei Drittel der größten Hirnlänge, von dessen Vorderende entfernt sein. Dagegen wird wegen des Vorrückens der bezeichneten Grenze die Größe des Stirntheils bei Blödsinnigen ungemein herabgesetzt. Bei mittlerer Länge der Großhirnballen, die 160 Millimeter

*) Sie heißt zu Ehren des berühmten Anatomen Rolando, der in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts neben Avogadro die Hauptzierde der Turiner Hochschule war, die Rolando'sche Furche; Ecker nennt sie Centralfurche.

beträgt, ist jener Abstand durchschnittlich $^{69}/_{100}$ der Hirnlänge; bei einem Blödsinnigen sah ihn Giacomini auf $^{42}/_{100}$ der Länge der Großhirnballen herabsinken*).

Die schräg nach vorn absteigenden Furchen beginnen am oberen Mittelrande der Großhirnballen nicht immer genau einander gegenüber; sie bilden aber doch immer mit einander einen nach vorn offenen Winkel, der um so weniger stumpf, also um so kleiner wird, je weiter der betreffende Anfangspunkt, den ich die hintere Stirngrenze nennen möchte, nach hinten verrückt ist, je mehr also der Stirntheil des Hirns auf Kosten des Scheitelhinterhauptstheils entwickelt ist. (Alexander Ecker.)

Während so auf alle Weise die vorherrschende Entwicklung des Stirnhirns der größeren geistigen Fähigkeit entspricht, läßt es sich als eine immer fortschreitende Entfaltung des Hirnes auffassen, wenn eine größere Anzahl von Windungen an dessen Oberfläche zu Tage tritt und eine Vermehrung der Nervenzellen in der Hirnrinde beurkundet. Sehr häufig fehlen den höheren Thieren jene dem Anschein nach überzähligen Windungen nicht, sie sind nur minder entwickelt und in der Tiefe der Furchen verborgen, während umgekehrt die

*) Vgl. die zeitgemäße Schrift von Giacomini, Guida allo studio delle circonvoluzioni cerebrali dell' uomo, Torino 1878, p. 19.

betreffenden Furchen am Menschenhirn häufiger einen unterbrochenen Verlauf zeigen, weil die benachbarten Windungen durch Querbrücken verbunden sind.

Offenbar ist aber jene Entfaltung der Oberfläche, jenes zu Tage Treten der Windungen am Menschenhirn der Ausdruck des üppigen Wachsthums der Großhirnlappen, in Folge dessen sie nach und nach das Zwischenhirn und die Vierhügel, die Riechlappen und das Kleinhirn überragten, so daß sie, auswachsend, nach einem glücklichen Ausdruck Huxley's, sich gleichsam um ihre Streifenhügel krümmten.

Alle diese und viele andere Merkmale einer höheren Entwicklung sehen wir zurücktreten bei jenen Kleinköpfen*), deren Verstand und Gebahren eine so niedrige Stufe einnimmt, daß sie nicht selten schon vom Volkssinn mit thierischen Beinamen gekennzeichnet wurden.

Rückbildung der Stirnlappen, kleiner Abstand der hinteren Stirngrenze vom Vorderende des Hirns, geringe Entwicklung der Hinterhauptslappen und in Folge dessen bisweilen ausgedehntes, wenn nicht gar vollständiges Bloßliegen des Kleinhirns, Fehlen des Hinterhorns mit dem darin enthaltenen Vorsprung**), spärliche Windungen, gelegentliches Verborgenbleiben der Uebergangswindungen zwischen Hinterhaupts- und Scheitellappen,

*) Microcephali.

**) Vogelsporn oder kleiner Seepferdsfuß.

beschränkte Zahl wenig ausgebildeter Windungen auf dem mittleren Lappen, der nicht ganz in der Spalte zwischen Stirn- und Schläfelappen verborgen bleibt und damit an eine unreife Durchgangsform bei der menschlichen Frucht erinnert, alles dies sind Merkzeichen, durch welche sich diese Kleinköpfe bald mehr, bald weniger einer unreifen Form der Personengeschichte oder einer niederen Stufe in der Stammesentwicklung anschließen.

Das Klaffen der einander benachbarten Ränder des Schläfen- und Stirnlappens, welche die Spalte begrenzen, die zum mittleren Lappen des Gehirns führt, verwandelt die betreffende Furche in eine Grube oder selbst in ein Thal*). Und dieses an Kleinköpfen wiederkehrende Merkzeichen der Unreife ihres Hirnbaus hat um so größere Bedeutung, als es vorzugsweise durch eine geringfügige Entwicklung der untersten, jener Spalte anliegenden Stirnwindung bedingt ist. Man hat nämlich bei Kranken, die das Vermögen der Sprache verloren hatten, wiederholt gerade in dieser Stirnwindung und in der Rinde des mittleren Lappens, der sogenannten Insel**), Entartungen angetroffen. (Bouillaud, Broca.) Und auch die Inselrinde

*) Aus der sogenannten Sylvischen Spalte wird ein Sylvisches Thal.

**) Reil'sche Insel.

ist, wie erwähnt, bei den Kleinköpfen weniger entwickelt, ärmer an Windungen, als sie beim regelrecht entwickelten Menschen angetroffen wird. Wie bei den höchsten Affen, bei denen sie gleichfalls nicht ganz in der erwähnten Spalte verborgen bleibt, hat man bei solchen Kleinköpfen auf besagter Insel nur drei, wenig entwickelte Windungen vorgefunden, während der Mensch deren gewöhnlich fünf und bisweilen sogar neun besitzt*). In der Regel nun war bei den Kleinköpfen die Sprache in sehr geringem Grade entwickelt, d. h. sowohl der Ausfluß, wie eine Hauptquelle geistiger Entwicklung in enge Schranken gezogen.

Es steht also dem Hirn sein Adel an die Stirn geschrieben.

Wenn es aber dennoch minder denkfähige Gehirne mit großen Stirnlappen giebt, so erwächst daraus die Nothwendigkeit der inneren Beschaffenheit des Gedankenwerkzeugs nachzuspüren.

Nun aber enthält das Hirn in seiner stofflichen Mischung einen Körper, der zu den eigenthümlichsten gehört, die überhaupt im Organismus angetroffen

*) Carlo Giacomini, Una microcefala, Torino 1876, p. 60, 70.

wurden, eigenthümlich in seiner Zusammensetzung, eigenthümlich in seinen Eigenschaften, eigenthümlich vor Allem durch die Leichtigkeit, mit der er sich verändert.

Daß dieser aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Phosphor bestehende Körper eines der wesentlichsten Baumittel der Nervenheerde sein muß, geht sogleich daraus hervor, daß er nicht bloß im Blute, sondern auch in den Samenfäden und im Eidotter vorkommt. Die Centralheerde des Nervensystems, die, wie die Anlage des Markrohrs beweist, zu denjenigen gehören, die zuerst in die Erscheinung treten, können jenen wesentlichen Baustoff unmittelbar aus Ei und Samen schöpfen, er wird ihnen im entwickelten Organismus im fertig gebildeten Zustande fortwährend vom Blute zugeführt.

Weil er zuerst aus dem Eidotter im reinen Zustande dargestellt wurde, führt er den Namen Dotterfett*).

Den Phosphorgehalt theilt das Dotterfett nur mit dem Kernstoff**), den Miescher in den Kernen der Eiterkörperchen entdeckte, einem gleichfalls stickstoffhaltigen Bestandtheil des Organismus, der das Dotterfett in dem Gehalt an Stickstoff, Sauerstoff und Phosphor bedeutend übertrifft. Auch das Gehirn soll diesen Kernstoff enthalten. (Jaksch.)

---

*) Lecithin.

**) Nuclein.

Für die Zusammensetzung des Dotterfetts ist es aber besonders bezeichnend, daß es beim Kochen mit Barytwasser, unter Aufnahme von Wasser in eine fette Säure, Phosphorglycerinsäure und Nervenbasis oder Neurin zerfällt. (Diaconow, Strecker.) Von der fetten Säure entstehen dabei zwei Molecüle, und da ein jedes dieser beiden Talgsäure, Palmfettsäure oder Oelsäure sein kann, so ergiebt sich hieraus, daß der Name Dotterfett einer chemischen Gattung entspricht, zu welcher mehrere Arten gehören*). Die zwei Massen-

---

*) Dotterfett. Wasser. Palmfettsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{40}H_{82}NPO_9 + 2H_2O = 2C_{16}H_{32}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO,$$

Dotterfett. Wasser. Oelsäure. Palmfettsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{42}H_{84}NPO_9 + 2H_2O = C_{18}H_{34}O_2 + C_{16}H_{32}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO,$$

Dotterfett. Wasser. Talgsäure. Palmfettsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{42}H_{86}NPO_9 + 2H_2O = C_{18}H_{36}O_2 + C_{16}H_{32}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO,$$

Dotterfett. Wasser. Oelsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{44}H_{86}NPO_9 + 2H_2O = 2C_{18}H_{34}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO,$$

Dotterfett. Wasser. Oelsäure. Talgsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{44}H_{88}NPO_9 + 2H_2O = C_{18}H_{34}O_2 + C_{18}H_{36}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO,$$

Dotterfett. Wasser. Talgsäure. Phosphorglycerinsäure. Neurin.

$$C_{44}H_{90}NPO_9 + 2H_2O = 2C_{18}H_{36}O_2 + C_3H_9PO_6 + C_5H_{13}NO.$$

Der Name Dotterfett ist hier als Gattungsbegriff auf alle seine Abarten bezogen; man könnte diese der Reihe nach als Dotterpalmfett, Dotterölpalmfett, Dottertalgpalmfett, Dotterölfett, Dotteröltalgfett und Dottertalgfett bezeichnen.

theilchen der fetten Säure können beide Oelsäure, Palmfettsäure oder Talgsäure sein, aber eine jede dieser Säuren kann ein Massentheilchen der anderen vertreten.

Das Dotterfett ist also eine gepaarte Fettsäureverbindung, ähnlich wie Talgstoff, Palmfett oder Oelfett, nur von einer viel verwickelteren Zusammensetzung, indem die Wasserspaltung nicht bloß die betreffende fette Säure und Oelsüß*), sondern neben ersterer statt des Oelsüßes Phosphorglycerinsäure und eine stickstoffhaltige Basis, eben das Neurin, entstehen läßt.

In solchen mehrfach gepaarten Verbindungen, die ein hohes Atomgewicht besitzen, ist die Lagerung der kleinsten Theilchen in hohem Grade wandelbar, sie bieten anderen chemischen Stoffen vielseitig Angriffspunkte dar, und sind als solche vorzüglich geeignet, jene zahlreichen Umsetzungen und Zersetzungen zu erleiden, ohne welche keine verwickelte Thätigkeit sich vollzieht.

Das Dotterfett ist nach Strecker's treffendem Ausspruch zugleich eine Base, eine Säure und ein Fett.

In Wasser ist das Dotterfett, das ebenso gut den Namen Hirnfett verdienen würde, nicht löslich, aber es quillt darin auf wie Stärke. Es gleicht im äußeren Ansehen einem gelblichen Wachse. Es löst sich leicht

*) Glycerin.

in Alkohol und Aether, entflammt sich in hoher Hitze und hinterläßt eine Kohle, die freie Phosphorsäure enthält.

In Begleitung des phosphorhaltigen Dotterfetts findet sich im Gehirn, im Rückenmark und in den Nerven ein phosphorfreier, aber gleichfalls stickstoffhaltiger Körper, der den Namen Hirnstoff*) führt. Rein stellt er ein leichtes weißes Pulver dar, das sich bei starker Vergrößerung wie undeutlich strahlenförmig gestreifte Körnchen ausnimmt, die ohne rechte Krystalle darzustellen, an etwas Krystallinisches erinnern. Sie quellen in heißem Wasser auf und machen es milchig. Zum Unterschied vom Dotterfett löst sich der Hirnstoff nur in kochendem Alkohol oder kochendem Aether. Mit ganz wenig verdünnter Schwefelsäure**) behandelt nimmt er Purpurfarbe an. Läßt man ihn mit Salzsäure kochen, dann wird die Lösung violettroth, und es entsteht unter anderen Erzeugnissen der Zersetzung eine Art von Zucker. (W. Müller.)

Auf letzteres Verhalten ist ein besonderes Gewicht zu legen, weil Liebreich ein Gemenge von Dotterfett und Hirnstoff als eine gepaarte Zuckerverbindung***)

*) Cerebrin.

**) Eine Mischung von acht bis zehn Raumtheilen starker Schwefelsäure mit Einem Raumtheil Wasser eignet sich zu dem Versuch am besten.

***) Protagon, Liebreich.

beschrieben hat, die in Zusammensetzung und Eigenschaften das Charakteristische des Dotterfetts und des Hirnstoffs vereint.

An diese stickstoffhaltigen Körper schließen sich eiweißähnliche Stoffe an, unter denen nach Hoppe-Seyler vorzugsweise jener Käsestoff vertreten ist, dem wir bereits im Blut begegnet sind*). Nach Mulder ist ein Theil des Eiweißes im Gehirn geronnen.

Das sogenannte Gallenfett**), welches als kein eigentliches Fett betrachtet werden kann, ist zu 4,5 % im Hirn enthalten.

Daran schließen sich als wirkliche Fette Oelstoff, Palmfett, Talgstoff, aber nach den Untersuchungen von Bibra's ist mit dieser Aufzählung die Reihe der im Hirn enthaltenen Fette keineswegs erschöpft. Außer der Oelsäure, die bei —4°, und einer anderen fetten Säure, die erst bei —5° fest ward, erhielt von Bibra durch Verseifung aus dem Hirn nicht weniger als sechs verschiedene fette Säuren, die bei gewöhnlichen Wärmegraden nicht flüssig waren, sondern um zu schmelzen einer Wärme von 27,5 bis 60° bedurften. Da es wahrscheinlich ist, daß sich eine jede dieser fetten Säuren am Aufbau des Dotterfetts betheiligen kann, so dürften

*) Vgl. Bd. I., S. 147.

**) Cholesterin.

die oben aufgezählten Arten dieses letzteren nur als eine kleine Auswahl derselben zu betrachten sein.

Leimgebender Stoff ist überall durchs Hirngewebe vertheilt.

Als Zeugen der Hirnthätigkeit erscheinen die Erzeugnisse der Abnützung, ein dem Käseweiß ähnlicher Körper, Fleischstoff, Harnoxydul, Harnoxyd und Harnsäure, Zucker- und Muskelzucker*), Milchsäure, Ameisensäure und schwefelsaures Kali.

Als Bedingung des regen Wechselverkehrs, der zwischen den Bestandtheilen des Hirns abspielt, ist sein Wasserreichthum zu betrachten. Das Hirn ist eines der wenigen Organe, deren Wassergehalt den des Bluts noch übertrifft**).

Phosphorsaure Salze und Kaliumverbindungen spielen unter den unorganischen Bestandtheilen des Hirns die Hauptrolle. Wie die Blutkörperchen, der Eidotter, die Muskeln, enthält das Hirn mehr Kalium als Natrium. Unter den Erdmetallen herrscht Magnesium über Bittererde vor. Die Menge des Kochsalzes ist nur mäßig, verhältnißmäßig groß die des phosphorsauren Eisens. (Breed.)

Die Asche des Gehirns drückt das deutlichste Siegel auf die von Couerbe entdeckte, von Fremy, Gobley,

---

*) Inosit.

**) Blut 79%, Hirn 81%.

von Bibra bestätigte Thatsache, daß das Gehirn ein phosphorhaltiges Fett enthält. Die phosphorsauren Salze der Hirnasche sind alle sauer, und zu ihnen gesellt sich noch ein erheblicher Ueberschuß an freier Phosphorsäure, der nach Breed allein über 9 Hundertstel der Asche des Gesammthirns beträgt. So groß ist die Menge der Phosphorsäure, welche durch Zersetzung des Dotterfetts frei wird. Kühne versichert, daß kein anderer Körper in so großer Menge aus dem Gehirn dargestellt wurde, wie jenes Gemenge von Dotterfett und Hirnstoff, das Liebreich als Vorkämpfer*) bezeichnete**).

Gewiß der Gedanke liegt nahe, daß ein großer Theil des Dotterfetts, welches die Blutkörperchen, der Eidotter und die Samenfäden führen, die regelrechte Ernährung des Hirns zu unterhalten berufen ist.

Ohne diese phosphorhaltige gepaarte Verbindung, die nach Strecker's maßgebendem Urtheil zugleich ein Fett, eine Base und eine Säure ist, können sich die Formbestandtheile des Hirns nicht entwickeln. Das Hirn ist der Sitz der Gedankenthätigkeit. Also ohne Phosphor kein Gedanke.

---

*) Protagon.

**) W. Kühne, Lehrbuch der physiologischen Chemie, Leipzig 1868, S. 344.

Genau in derselben Bedeutung kann man sagen, daß unsere Muskeln ohne Kali nicht bestehen können, also ohne Kali keine Ortsbewegung möglich ist. Daraus folgt natürlich nicht, daß ein Muskel nur dann höher entwickelt und besser zur Zusammenziehung befähigt sein kann, als ein anderer, wenn er diesen im Reichthum an Kali übertrifft. Eben so wenig kann aus dem Satze: ohne Phosphor kein Gedanke, gefolgert werden, daß die Gedankenthätigkeit eines Hirns durch dessen Phosphormenge gemessen werde. Die Mischung eines Werkzeugs leidet unter dem Zuviel so gut wie unter dem Zuwenig.

Unstreitig sind Gallenfett, Eiweiß, Kali und die sämmtlichen übrigen Bestandtheile des Hirns, so weit sie nicht aus der Rückbildung hervorgegangen sind, zu seiner Mischung nothwendig und also unerläßliche Bedingungen seiner Verrichtung. Wie ich sagte: ohne Phosphor kein Gedanke, so hätte ich auch sagen können: ohne Eiweiß, ohne Gallenfett, ohne Kali, ja ohne Wasser kein Gedanke, und am erschöpfendsten hätte ich gesagt: ohne Hirn kein Gedanke. Ich wählte den Phosphor oder das phosphorhaltige Fett als den eigenthümlichsten Bestandtheil des Hirns, und nannte einen eigenthümlichen Bestandtheil des Hirns, um so bestimmt als möglich auszudrücken, daß das Gehirn nicht etwa das Mittel ist, dessen sich ein seelisches

Wesen zum Denken bedient, sondern im strengsten Wortsinn das Werkzeug des Denkens, die Gedankenthätigkeit eine Kraftäußerung, welche unzertrennlich an einen stofflichen Träger gebunden ist.

Wenn aber das Dotterfett mit seiner Phosphorglycerinsäure den eigenartigsten Bestandtheil des Hirns bildet, so hat es trotz der obigen vorbauenden Bemerkung eine hohe Bedeutung, daß von Bibra aus seinen Untersuchungen schließen konnte, „daß die Gehirne „höher stehender Thiere durchschnittlich mehr Fett als „jene niederer enthalten, mithin auch mehr Phosphor*).“ Der Fettgehalt in hundert Gewichtstheilen Hirn wird um so kleiner, je tiefer man in der Thierreihe niedersteigt. Der Mensch führt in seinem Gehirn mehr Fett als die Säugethiere, die Säugethiere mehr als die Vögel.

Und diese Unterschiede fallen um so mehr ins Gewicht, weil die Fette überhaupt so wesentlich zum stofflichen Aufbau des Gehirns beitragen.

Im Gesammthirn bestehen von den 19 Hundertsteln an festen Bestandtheilen, die es enthält, nicht weniger als 8 aus Fett, mit anderen Worten, das Fett bildet mehr als zwei Fünftel der im Gehirn enthaltenen festen

---

*) Von Bibra, Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere, Mannheim 1854, S. 105.

Bestandtheile. Das Hirn wird in seinem Fettreichthum nur vom Rückenmark und von den Geweben übertroffen, die man im einen oder im anderen Sinne als wahre Vorrathskammern des Fetts bezeichnen kann, vom eigentlichen Fettgewebe unter der Haut, das 83%, vom Knochenmark, das 96%, vom Eidotter, der 29% Fett enthält.

Eben der Umstand, daß das Fett so wesentlich zum Aufbau der Nervenfaser und der Nervenzelle beiträgt, ist einer der besten Beweise, um Liebig's Ansicht zu widerlegen, nach welcher das Fett kein Baustoff des Körpers, sondern nur ein Athemmittel oder gar nur Brennstoff sein sollte.

Der größere oder geringere Fettgehalt, den ein Thier in seinem Hirne aufzuweisen hat, bedingt jene innere Verfassung, die Artbeschaffenheit des Hirns, die sehr oft die Größe des Werkzeugs ausgleicht oder aufwiegt.

So giebt es Thiere, deren Hirn im Vergleich zur Stufe, die sie auf der Entwicklungsleiter einnehmen, klein ist, wie das Pferd oder das Schwein. Aber die geringe Größe ihres Hirns wird nicht nur aufgewogen durch die große Anzahl seiner Windungen, sondern auch durch den verhältnißmäßigen Reichthum an Fett.

Umgekehrt sind es hauptsächlich die kleinen Vögel, die im Verhältniß zu ihrem Körpergewicht ein so großes Hirngewicht haben, daß sie in dieser Beziehung nicht

bloß die Säugethiere, sondern sogar den Menschen hinter sich lassen. Das Hirn der Meise beträgt $^1/_{12}$, das des Kanarienvogels $^1/_{14}$ des Körpergewichts, während das des Mannes nach Calori im besten Falle $^1/_{46}$ erreicht. Aber das Gehirn solcher Vögel ist durch Fettarmuth ausgezeichnet.

Lurche und Fische können trotz der tieferen Stellung, die sie im Thierreich einnehmen, einen ebenso großen Bruchtheil an Fett in ihrem Hirn besitzen, wie jene Vögel. Aber ihr Hirn ist so klein, daß es nur zum Theil die Schädelhöhle ausfüllt; die Kleinheit des Hirns überbietet die verhältnißmäßige Größe seines Fettgehalts, das heißt einen Vorzug seiner Mischung.

Von Bibra hat diese Beziehungen mit Recht als das Gesetz der Ausgleichung zwischen Hirngröße und Hirnmischung bezeichnet.

Das Hirn ist verhältnißmäßig klein, wenn es fettreich, verhältnißmäßig groß, wenn es fettarm ist. Aus beiden Werthen vereint erwächst dem Thiere der Platz, der seiner Hirnentwicklung entspricht.

Auch hier läßt uns die Personengeschichte nicht im Stich, wenn wir den Werth unseres Merkmals hoher Ausbildung auf die Probe stellen.

Im Mutterleibe enthält das Hirn weniger Fett als beim Erwachsenen, auch weniger Hirnstoff, dagegen

mehr Wasser. Im hohen Alter nimmt der Fettgehalt von Neuem ab, und nach Dénis bekommt das Hirn eine größere Festigkeit.

Verschiedene Stoffe sind nicht erforderlich, um in zwei Werkzeugen des Körpers eine verschiedene Mischung zu bewirken; es reicht hin, daß dieselben Stoffe in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbunden sind. So gut die schweflichte Säure ein anderer Körper ist als die Schwefelsäure, weil diese auf die gleiche Menge Schwefel ein Mischungsgewicht Sauerstoff mehr enthält als jene, so gut eine Tasse Kaffee verschieden schmeckt, je nachdem sie zwei gleich schwere Zuckerstücke oder nur eines derselben in Auflösung enthält, so gut sind auch zwei Gehirne verschieden, wenn sie Eiweiß, phosphorhaltiges Fett oder irgend einen anderen Bestandtheil in verschiedener Menge enthalten. Und daß solche Unterschiede vorkommen, das hat die Wissenschaft erwiesen. Gleichwie das Hirn der höher entwickelten Thiere durch einen größeren Fettgehalt sich auszeichnet und des Menschen Hirn in dieser Beziehung das der Säugethiere übertrifft, so ist ein sehr geringer Fettgehalt ein eigenthümliches Merkmal für das Hirn der Frucht im Mutterleibe. Bei neugeborenen Kindern und Thieren hat das Fett bereits bedeutend zugenommen und es vermehrt sich ziemlich rasch mit fortschreitendem Alter. (Schloßberger, von Bibra.)

Beim Menschen ist aber die Zunahme des Fettgehalts im Hirn als Entwicklungszeichen von um so höherem Werth, weil hier das Gewicht des Gesammthirns mit dem Gehalt an Fett steigt und fällt. Das Gewicht eines neugeborenen männlichen Kindes wiegt nach Carl Vogt 400 Gramm, noch weniger als das des Chimpanse, nach einem Monate 460 und am Ende des ersten Lebensjahrs schon 900 Gramm. Nach Peacock's Wägungen nimmt das Hirn des Menschen bis in das fünfundzwanzigste Jahr an Gewicht zu, erhält sich bis etwa zum fünfzigsten Jahr auf gleicher Höhe, um dann im hohen Alter wieder bedeutend abzunehmen. Nur ausnahmsweise behält das Hirn bei Greisen die Kraft des Mannesalters, ganz ungebrochen schwerlich jemals. Von Newton, der fünfundachtzig Jahr alt geworden ist, wissen wir, daß er in seinem hohen Alter eine unglückselige Beschäftigung mit dem Propheten Daniel und der Offenbarung des Johannes trieb. Die Offenbarung des Johannes als Spielzeug in der Hand des Erforschers der Gesetze der Schwere! Die Kraft ist so unsterblich wie der Stoff.

Aehnlich nun wie das Hirn des Kindes mehr Wasser enthält als das Hirn des Erwachsenen, so enthält dasjenige der Vögel mehr Wasser als das der Säugethiere und das Hirn der Fische wiederum mehr als das der Vögel.

Nicht minder lehrreich aber als die Erforschung der Mischung ist die mikroskopische Untersuchung des Hirns, um einen Einblick in den verschiedenen Werth seiner inneren Beschaffenheit zu gewinnen.

Auch hier verräth sich die Entwicklung zunächst dadurch, daß sich die Formbestandtheile nach und nach deutlicher gestalten und trennen.

Jene niedersten Thierformen, die wie die Aufgußthierchen und Wurzelfüßer der gesonderten Nervenfäden und Nervenzellen noch ganz entbehren, sind dennoch mit Empfindung begabt und antworten auf Reize mit Bewegungen, die nicht selten den Schein der Willkür, das heißt des Ursachlosen, eben so täuschend an sich tragen, wie die zusammengesetzten Bewegungen höherer Thiere. Es hat sich bei den einfachsten, oft einzelligen thierischen Wesen noch keine Nervenfaser, keine Nervenzelle aus dem Urschleim gesondert.

Undeutlich sind die Zellen und Fasern im Nervensystem der Plattwürmer und Strahlthiere, und selbst bei den höchsten Gliederthieren kann es vorkommen, daß deutlich ausgebildete Nervenfasern nicht vorhanden sind, sondern statt derselben eine blasse feinkörnige

Masse, die von bindegewebigen kernreichen Hüllen umschlossen ist. Dies wurde besonders von Leydig bei Insekten wahrgenommen, während er bei Spinnen deutlich entwickelte Nervenfasern antraf*). Ueberall indessen, wo bei Wirbellosen gut ausgeprägte Nervenfasern vorkommen, sind sie doch nur den weniger vollkommenen marklosen Fasern der Wirbelthiere zu vergleichen.

Daß aber diese marklosen Fasern eine niedere Entwicklungsstufe einnehmen, lehren Stammes- und Personengeschichte aus einem Munde. Sowohl die Schädellosen wie die Rundmäuler, das Lanzettthierchen wie das Neunauge, haben nur marklose Nervenfasern aufzuweisen, und was für diese niederen Wirbelthiere gilt, das wiederholt sich für die ersten Entwicklungsstufen der Nerven aller höheren Wirbelthiere. Denn in jedem Einzelwesen sind die markhaltigen Fasern seiner Hirn- und Rückenmarksnerven in ihrer ersten Anlage marklose, blasse Fäden gewesen.

Auch die Nervenzellen sind bei den Wirbellosen häufig minder scharf abgegrenzt als dies bei den Wirbelthieren die Regel ist. Zwar fehlt mehrfach auch bei letzteren ein die einzelnen Zellen abschließendes Häutchen, eine eigentliche Zellwand. Aber es ereignet sich doch seltener als bei Wirbellosen, daß die Kerne von einem

---

*) Franz Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere, Frankfurt a. M., 1857, S. 59.

unsicher begrenzten Hofe einer feinen punktförmigen Masse umschlossen oder in einer solchen unregelmäßig zerstreut sind. Die Folge davon ist, daß bei manchen wirbellosen Thieren, bei Quallen und Schnurwürmern*) z. B., die Nervenzellen so undeutlich werden, daß sie von hervorragenden Forschern, wie Leuckart, vor Jahren noch gar nicht als solche anerkannt wurden**).

Bei vielen Wirbellosen, Muscheln, Spinnen, ja selbst bei vielen Insekten sind die Nervenzellen durchweg klein und zart. Sie sind oft reichlich von der erwähnten feinkörnigen Masse umgeben, von der sich nicht immer entscheiden läßt, ob sie den Zellen oder einem minder eigenartigen Zwischenstoff zugezählt werden muß.

Aber es kommt auch unter den Wirbellosen zur Ausbildung großer Nervenzellen. Schon bei manchen Egeln***) sind solche bekannt. Die Gartenschnecke, der Flußkrebs, die Horniß besitzen gar so große Nervenzellen, daß sie gerade dem unbewaffneten Auge noch sichtbar sind.

Allein auch diese größten Nervenzellen sind im Vergleich zu denen, die im Gehirn und Rückenmark, sowie in den Ganglien der Gefäß- und Eingeweidenerven bei Wirbelthieren auftreten, verhältnißmäßig arm an Fortsätzen.

---

*) Nemertes.

**) Vgl. Leydig, a. a. O., S. 61; Gegenbaur, a. a. O., S. 189.

***) Hirudineen.

Die Beziehungen zwischen den ausstrahlenden Nervenenden und den Zellen der Nervenheerde sind eben bei den Wirbellosen im Kleinen, wie im Großen, viel weniger zahlreich und verschlungen, als es bei den Wirbelthieren der Fall ist.

Insbesondere herrscht die fortsatzreiche oder vielstrahlige*) Nervenzelle in der Rinde des Gehirns der Säugethiere, welche die oberflächlichen oder grauen Schichten der Hirnwindungen ausmacht.

Die alleroberflächlichste von diesen Schichten erinnert an die feine, punktförmige Masse, die in den Nervenknoten wirbelloser Thiere so reichlich vertreten ist. Mag man nun mit Rudolf Wagner diese zerstreute, nicht in Zellen abgetheilte, viel Bindezellen und wenig Nervenzellen beherbergende Grundmasse als zusammengeflossenen Keimstoff**) von Nervenzellen, oder mit Kölliker und anderen Forschern nur als eine Art reichlich angesammelten Bindekitts ansehen, immerhin handelt es sich hier um den wenigst entwickelten Theil der Hirnrinde, so daß ihre Betrachtung sich ganz natürlich an die niederen Stufen der Nervenheerde bei den Wirbellosen anschließt.

Theodor Meynert, dessen Arbeiten über den Gewebebau des Hirns täglich an bahnbrechender Be-

---

*) Multipolare Nervenzelle.

**) Protoplasma.

deutung gewinnen, fand jene oberflächlichste Schicht der grauen Hirnrinde vergleichsweise und schlechthin genommen beim Menschen dünner als bei den Säugethieren, und zwar an Dicke um so mehr zunehmend, je tiefer man in der Thierreihe absteigt. Sie bildet beim Menschen nur $^1/_{10}$ bis $^1/_8$, beim Kapuzineraffen $^1/_7$ bis $^1/_6$, bei Raubthieren $^1/_6$ bis $^1/_5$, bei der Fledermaus schon $^1/_4$, bei den Wiederkäuern gar $^1/_3$ der Dicke der ganzen Hirnrinde. Ohne Vergleich mit den übrigen Rindenschichten gemessen, ist diese verhältnißmäßig unentwickelte Schicht bei den Wiederkäuern etwa doppelt so dick wie beim Menschen*).

Hier hätten also die von Leuret durch den Vergleich der Oberfläche des Hirns beim Hund und Schaaf in die Falle Gelockten ohne Weiteres die Gelegenheit vor Augen gehabt, ihr nur durch die Anzahl der Windungen geleitetes Urtheil zu berichtigen, wenn sie die innere Beschaffenheit der Rinde, welche die Windungen deckt, mit ausreichenden Vergrößerungsgläsern untersucht hätten. Bei den Wiederkäuern nimmt dieselbe beinahe zweimal so viel von der Masse der Rinde ein wie beim Hunde, und lehrreich genug, während sie

---

*) Theodor Meynert in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere, Leipzig 1872, Bd. II., S. 705.

beim Hunde nur $^1/_6$ dieser Masse betrug, fand sie Meynert bei der Katze gleich $^1/_5$.

Da nun die Rinde der Großhirnballen sowohl den wichtigsten, wie den ausgedehntesten Bestandtheil des Trägers der geistigen Verrichtungen darstellt, so wäre mit einem Nachweis dieser Art streng genommen schon genug geleistet, um überhaupt den Satz zur Anerkennung zu bringen, daß die innere Art und Mischung des Gehirns alle Merkmale, die bloß von der Größe des Hirns und seiner Lappen, bloß von dem Reichthum an Windungen und deren Unregelmäßigkeit hergenommen werden, überbieten können.

Aber es handelt sich hierbei nicht um ein vereinzeltes, wenn auch hoch stehendes und weit reichendes Beispiel. In den Riechlappen, in den sogenannten Widderhörnern*), die in dem Seitenhorn der mit der dritten Hirnhöhle in Verbindung stehenden Seitenkammern liegen, in dem gezahnten Kern der Kleinhirnlappen, in dem Kern der Antlitznerven im verlängerten Mark, und an vielen anderen Stellen ist das Hirn der Thiere viel reicher an Bindegewebe, folglich verhältnißmäßig ärmer an Nervenzellen als das Hirn des Menschen. (Meynert**).

*) Cornu Ammonis, Pes Hippocampi major.

**) Vgl. Meynert, a. a. O., S. 705, 716, 781, 796.

Dringt man tiefer in die Rinde ein, dann begegnet man erst zwei Schichten von spindelförmigen Zellen, die in strahlenförmigen Reihen angeordnet sind und von außen nach innen an Größe zunehmen, dann rundlichen oder mehr dreieckigen Zellen, und in der tiefsten Schicht wieder spindelförmigen, deren Längsrichtung aber nicht den Strahlen der Hirnwülste entspricht, sondern in Bogenzügen ihrer Oberfläche gleich läuft. Diese letzteren mögen Bogenspindeln, jene hingegen Strahlspindeln heißen.

Alle diese Zellen sind in höherem oder geringerem Grade vielstrahlig, da sie immer mehr als drei Fortsätze entsenden, Fortsätze, die bald verschiedene Zellen mit einander in Verbindung bringen, bald Empfindung vermittelnde Nervenfasern den Zellen zuleiten, bald Bewegung vermittelnden Fasern den Ursprung verleihen.

Nur daß nicht alle diese Zellen von verschiedener Gestaltung dieselbe Bedeutung haben, wie sie nicht alle dieselbe Gegend des Gehirns bevölkern.

Schon die Strahl- und Bogenspindeln sind nicht bloß ihrer Lagerung, sondern auch der Gestalt und Größe nach verschieden.

Die Bogenspindeln, die, wie gesagt, die innerste Rindenschicht bewohnen, haben sowohl eine gleichmäßigere Größe, wie eine regelmäßigere Form. Ihre

Länge*) übertrifft etwa viermal den Durchmesser eines einfachen Fadens der Seidenraupe. Ihre Gestalt ist die einer ziemlich regelmäßigen Spindel, an den zwei entgegengesetzten Enden in dünne Nervenfasern ausgezogen, die sich jederseits in bogenförmige Fasern fortsetzen, durch welche verschiedene Wülste derselben Hirnhälfte in Verbindung stehen. In den Verlauf solcher Fasern**) eingeschaltet, werden die Bogenspindeln auch als Schaltspindeln bezeichnet.

Senkrecht zur Kuppe der Wülste verlaufend, sind die kleinsten Strahlspindeln nur ein Drittel so lang wie die Bogen- oder Schaltspindeln, während die größten diese noch um ein Drittel an Länge übertreffen***). Ihre Gestalt ist insofern weit unregelmäßiger als sie an dem einen Ende viel langsamer in das verjüngte Ende ausgezogen sind, als am entgegengesetzten Pol. An diesem letzteren, der nach innen, also dem Hirnmark zugewendet ist, brechen die dünneren Fortsätze leichter ab, und dann ähneln die verstümmelten Zellen einer unregelmäßigen Pyramide, deren Spitze gegen die äußeren Rindenschichten in einen mächtigen Nervenfaserfortsatz ausgezogen ist, der sich verästelt, während die abgebrochenen Stummel, am einwärts

*) 0,030 Mm.

**) Associationsfasern. Meynert.

***) 0,010—0,040 Mm.

schauenden Bauch oder Fuß der Zelle, Henle's Vergleich der letzteren mit einer Gewürznelke hervorgerufen haben.

Am reichlichsten mit Nervenzellen versehen sind in der Rinde der Stirnlappen, von außen gezählt, die zweite und die vierte, d. h. die der kleinen Pyramiden oder Strahlspindeln und die der rundlichen oder Körnerzellen. Und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß ähnlich wie die gebildetsten Länder die dichteste Bevölkerung aufzuweisen haben, so auch der Reichthum an Zellen je nach der Begabung im Hirn verschiedener Thiere verschieden sein wird, wenngleich in dieser Beziehung noch beinahe Alles zu untersuchen bleibt.

Im Gehirn selbst walten an verschiedenen Stellen eigenthümlich gestaltete Zellformen vor, beinahe als wäre je Eine Schicht der grauen Rinde in ihnen allein oder vorzugsweise zur Ausbildung gekommen. So herrscht die Kornzelle in der Rinde der inneren Fläche und des Hinterendes des Hinterhauptslappens, die Pyramidenspindel im Widderhorn, die regelmäßige Spindelform in einer verbogenen grauen Platte, die unter dem Namen Vormauer gleichsam eine von der Rinde der Insel nach innen abgelöste Schicht darstellt, die nach vorn und hinten mit ihr zusammenfließt. Bei Blödsinnigen kann die Vormauer in ihrer ganzen Ausdehnung mit der Rinde der Insel verschmelzen. (Betz.)

In ähnlicher Weise sind große kolbenartige Nerven-

zellen charakteristisch für die mittlere Rindenschicht der Kleinhirnlappen, gewaltige drei- und vieleckige, vielstrahlige Zellen für die vorderen grauen Säulen des Rückenmarks, während schmächtigere, zartere, fortsatzärmere, der Spindelform sich nähernde den hinteren grauen Säulen des Rückenmarks eignen.

Die letztgenannten beiden Formen, von welchen die erstere einen unverästelten Fortsatz in Bewegungsnerven schickt, die andere dagegen mittelst eines ihrer Fortsätze eine Empfindung vermittelnde Nervenfaser aufnimmt, haben zur Unterscheidung von Bewegungs- und Empfindungszellen unter den Nervenzellen geführt.

Für die Bewegungszellen ergiebt sich als wesentliches Merkmal die unregelmäßig vieleckige Gestalt, mit zahlreichen Fortsätzen, unter denen einer sich dadurch auszeichnet, daß er unverästelt bleibt und mit seiner Verlängerung eine Bewegungsnervenfaser darstellt. Mit Ausnahme des unverästelten Fortsatzes, der an seinem Ursprung außerordentlich dünn zu sein pflegt, entspringen die anderen, deren Zahl bis zu acht betragen kann, unter allmäliger Verjüngung in zierlicher Weise vom Zellkörper, um sich bald in dessen nächster Nähe, bald in größerer Entfernung zu verästeln. Sowohl der Körper, wie die Fortsätze der Bewegungszellen, zeichnen sich, mit Ausnahme des ungetheilt bleibenden Fortsatzes, durch größere Haltbarkeit

aus. Im Allgemeinen sind sie größer als die Empfindungszellen, obgleich die Größe kein für sich allein entscheidender Charakter ist, denn die größten Empfindungszellen übertreffen die kleinsten Bewegungszellen.

Unter den Empfindungszellen herrscht die regelmäßigere Spindel- oder Kugelform vor, sie besitzen wenigere, dünnere, leicht zerreißliche Fortsätze und zeichnen sich im Allgemeinen durch ihre Kleinheit und Zartheit aus. Ihre Fortsätze zerfallen in eine geringere Anzahl stärkerer Aestchen als die der Bewegungszellen, aber keiner derselben bleibt ungetheilt.

Urformen der Bewegungszellen findet man zusammengeschaart in den grauen Säulen, die im Inneren der vorderen Hälfte des Rückenmarks von oben nach unten ziehen. Von ihnen entspringen die Bewegungsfasern aller Muskeln des Rumpfs und der Glieder. Aber man findet sie in den verschiedensten Formen überall da wieder, wo sie als sogenannte Nervenkerne Bewegungsnerven den Ursprung verleihen, sei es denen des Auges oder des Antlitzes, der Kaumuskeln oder der Zunge. Und weil an den Strahlspindeln der Großhirnrinde von der Mitte ihres einwärts gekehrten Fußes eine ungetheilt bleibende Faser abgeht, und eine eben solche von der dem Mark zugewendeten Seite der großen kolbenförmigen Zellen der Kleinhirnrinde, so hält man mit großer Wahrscheinlichkeit sowohl die

Strahlspindeln des Großhirns, wie die Kolbenzellen des Kleinhirns für Bewegungszellen. Die viel kleineren, zarteren Korn- oder Kugelzellen dagegen, die an beiden Orten und außerdem an der Schwelle der Gehör- und Sehnerven wiederkehren, dürften als Empfindungszellen anzusehen sein.

Nach Arndt sind spätestens im fünften Monat des Fruchtlebens deutliche Nervenzellen in der Hirnrinde zu erkennen. Ihre Entwicklung ist jedenfalls das höchste Zeichen der fortschreitenden Reife des Gehirns. Es ist daher bezeichnend, daß im unreifen Gehirn mehr Bindegewebe, also verhältnißmäßig weniger ausgebildete Nervenelemente enthalten sind, als im völlig entwickelten.

Und wie eine größere Ansammlung von Bindegewebe und Wasser und Armuth an Fett die Unreife des Gehirns bezeichnen, so wird die Ueberreife des Hirns nicht bloß durch die Verarmung an Fett angezeigt, sondern auch durch eine Zunahme der farbigen Körnchen, die im hohen Alter nach Virchow's Untersuchungen in den Nervenzellen zu erkennen ist.

Der Entwicklung und Rückbildung des Hirns entsprechen also nicht bloß die Kennzeichen des Aufbaus und Zerfalls, sondern stoffliche Unterscheidungsmerkmale, die in das innerste Wesen von Mischung und Gewebe eindringen.

Im Hirnmark sammeln sich die Nervenfasern, die von demselben nach den Bewegungsnerven des Hirns und Rückenmarks ausstrahlen, und diejenigen, die von den empfindenden Oberflächen des Körpers und gesonderter Sinneswerkzeuge herkommend in Rindenzellen endigen.

Viele von diesen Fasern werden auf ihrem Weg vom obersten Nervenheerde bis zu den Muskeln, und umgekehrt von den Sinnesflächen zum Nervenheerde durch Nervenzellen unterbrochen, und diese Unterbrechungen, die mit einer Umlagerung und mit einer Veränderung der Zahl der Nervenfasern verbunden sind, greifen mächtig ein in die Ordnung der Uebertragung von Empfindungseindrücken und Bewegungsantrieben im Thierkörper.

Dieser Unterbrechung steht aber ein sehr beachtungswerthes Bindemittel gegenüber, wie wir es oben bereits in den Bogenfasern begegneten, welche mit Hülfe der Bogenspindeln vielfache Verbindungen zwischen verschiedenen Knotenpunkten derselben Hirnhälfte herstellen.

Zwischen entsprechenden Gegenden der beiden verschiedenen Hirnhälften werden solche Verbindungen durch quer verlaufende Fasern*) angebahnt. Durch die Art ihrer Aneinanderlagerung werden mehr oder weniger

*) Commissuren-Fasern, Commissuren.

mächtige Platten, Balken oder Stränge aus jenen Querfasern.

Die mächtigste jener Platten ist der sogenannte Balken*), der das Mark der beiden Großhirnballen mit einander verbindet. Er bedeckt den Streifenhügel, der zum Vorderhirn gehört, und die Gebilde des Zwischenhirns und Mittelhirns, die Sehhügel, die Vierhügel und die auf der oberen Fläche der letzteren ruhende Zirbeldrüse. Da er in der größten Ausdehnung die Rindenbezirke der rechten und linken Hälfte des Großhirns mit einander verbindet, so steht seine Mächtigkeit in geradem Verhältniß zur Größe der Großhirnballen. Es ist daher natürlich, daß der Balken im menschlichen Gehirn größere Ausbildung erreicht, als in dem der Säugethiere. Bei den Vögeln fehlt der Balken noch ganz, bei den Kloaken- und Beutelthieren dämmert er auf**), aber in so geringer Entwicklung, daß er ihnen mehrfach abgesprochen wurde. Besser ausgeprägt ist er beim Ameisenfresser, und dennoch ist er selbst bei vielen Insektenfressern, beim Igel z. B., noch kurz und dünn. Bei den Nagern wächst er, aber während er schon bei Hufthieren eine ziemlich wagerechte Lage hat, ist er beim Kaninchen von hinten nach vorn steil abwärts geneigt. Indem er

*) Corpus callosum.

**) Huxley, a. a. O., S. 276, 278.

nämlich vom oberen Umriß der Großhirnballen überall annähernd gleich weit entfernt ist, senkt er sich, wenn die Stirnlappen niedriger werden. Langgestreckt ist der Balken beim Hunde, und diese Länge wächst, wenn man von den Plattnasen unter den Affen zu den Schmalnasen aufsteigt. Wenn man den Balken der Länge nach von vorn nach hinten durchschneidet, dann beträgt seine Länge bei den Krallenaffen*) 33/100 der Gesammtlänge der Großhirnballen, beim Chimpanse etwa 35/100, beim Menschen aber, bei dem er überhaupt am meisten gewölbt ist und im Gegensatz zu dem vom Kaninchen Bemerkten leicht nach vorn aufsteigt, erreicht er 43/100 von der Länge der Halbkugeln. Das Aufsteigen des Balkens beim Menschen an seinem Stirntheil ist ein neuer Ausdruck für die Höhe seiner Stirnlappen, die ihn noch im Vergleich der Menschenaffen so wesentlich bevorzugt. Aber der Vergleich zwischen der Länge des Balkens bei den Menschenaffen und dem Menschen ist nicht minder geeignet, unserer Gattung selbst vor den höchst entwickelten Affen einen Vorzug zu verleihen. In diesem Punkte gleichen die niedersten Affen den höchstentwickelten weit mehr als diese dem Menschen.

---

*) Sahuis, Arctopithecini, Bärenäffchen, Seidenäffchen, Löwenäffchen.

Wenn man aber an dem obersten Merkmal festhält, durch welches das menschliche Gehirn seinen überlegenen Bau in der Thierreihe zu erkennen giebt, so findet man, wie es überall darauf hinausläuft, daß eine immer größere Menge von Nervenzellen, von immer wachsender Eigenart, durch eine stets zunehmende Anzahl von leitenden Nervenfasern in immer weniger zu zählende Verbindungen tritt, theils unter sich, theils mit den Muskeln und Sinnesschwellen. Der Ausdruck der Verschlingung und Verkettung steigert sich in dem Grade, daß wenn man das Gedanken-, Gefühls- und Thätigkeitsleben eines Kaninchens mit einer guten Uhr vergleichen wollte, die Verwicklung, Ausdrucksfähigkeit und Bethätigung, wie sie am Menschenhirn sich steigert, im Vergleichungsbilde nicht erreicht würde, wenn man die Zahl der Rädchen und Federn der Uhr auch ums Millionenfache steigern wollte.

Deshalb sind die Verbindungen entsprechender Bezirke der rechten und linken Halbkugel durch die Querfasern des Balkens von so großer Wichtigkeit. Sie mehren in ungeahnter Weise die Bezüge zwischen beiden Hirnhälften.

Es ist kein Einwurf dagegen, daß man gelegentlich das Menschenhirn bis zur Vogelstufe herabgesunken fand, indem ihm der Balken ganz fehlte. In den Fällen dieser Art, wie sie von Calori,

Malinverni, Randaccio beschrieben wurden, handelte es sich um gewöhnliche Menschenkinder, und wenn uns Malinverni, ein unbefangener Beobachter, ein Freund einheitlicher Naturanschauung, erzählt, daß der Bauer, dem das von ihm untersuchte balkenlose Gehirn angehörte, nicht weniger gescheidt war als andere seines Gleichen auch, daß er ein fügsamer und ordentlicher Soldat gewesen, so hat er ihn eben mit dem bescheidenen Maaßstab gemessen, mit dem er ihn allein messen konnte*).

Wir wissen über die Unabhängigkeit, in der sich ein Großhirnballen im Denken ergehen kann, weit mehr. Ebenso wie wir mit Einem Auge sehen, mit Einem Ohre hören können, so können wir auch mit Einer Halbkugel denken. Man hat bei Menschen in Einer Halbkugel des großen Gehirns Entartungen gefunden, ohne daß die Gedankenthätigkeit hierdurch merklich gestört gewesen war. Man beobachtet das Gleiche an Thieren, denen man eine der beiden Halbkugeln weggeschnitten hat. Aber trotzdem leidet das Bewußtsein. Die Thiere schrecken leichter auf. Der Mensch, der nur mit einer Halbkugel denkt, wird von der Gedankenarbeit leichter ermüdet. Longet hat uns zwei Fälle

*) Malinverni, Cervello di uomo mancante del corpo calloso, del setto lucido e della grande circonvoluzione cerebrale, chiamata del corpo calloso, colla integrità delle funzioni intellettuali, Torino 1874, p. 5, 6.

dieser Art berichtet. In einem derselben, den er Ferrus nacherzählt, handelte es sich um einen französischen General, der eine Schußwunde am Kopf bekommen hatte, durch die er einen großen Theil des linken Scheitelbeins und des entsprechenden Großhirnballens eingebüßt hatte. Der General hatte von der Lebhaftigkeit seines Geistes nichts verloren, sein Urtheil war klar und scharf wie früher, allein es war ihm nicht möglich längere Zeit bei Gedankenarbeit auszuharren, weil ihn bald Müdigkeit überfiel*).

Der Ausfall einer Halbkugel des großen Gehirns bringt größere Nachtheile, wenn sie angeboren ist. Es übt nämlich die Thätigkeit des einen Großhirnballens einen fördernden Einfluß auf die Entwicklung des anderen, was am anschaulichsten durch die Erfahrung Volkmann's dargethan wird, nach welcher durch Uebung des Tastsinns der rechten Hand auch die linke sich im Tastgefühl verfeinerte, obwohl sie keine Uebung pflog.

Fehlt also eine Halbkugel seit der ersten Entwicklung und folglich im neugeborenen Kinde, dann wird die geistige Anlage leiden; geht sie im späteren Leben durch eine Verwundung verloren, dann wird die Ausdauer bei geistiger Anstrengung herabgesetzt. In keinem

*) Longet, a. a. O., T. III., p. 443.

der beiden Fälle braucht Geistesstörung oder gar Blödsinn die Folge zu sein*).

Jene Verbindung der beiden Großhirnballen, die der Balken, zumal beim Menschen, so ausgiebig vermittelt, wird ergänzt, ja zuweilen sogar ersetzt durch einen Querstrang, der die Streifenhügel verbindet und also dem hinteren Abschnitt des Vorderhirns angehört. Er wird als vorderes Querband**) bezeichnet. Wie der Balken einem unregelmäßig gebildeten Sattel gleicht, der auf seiner unteren Fläche von vorn nach hinten, auf der oberen Fläche von rechts nach links ausgehöhlt ist, so zwar, daß der darauf Reitende nach rechts oder nach links schauen würde, so läßt sich die Gestalt des vorderen Querbandes mit einem Hufeisen vergleichen, dessen gewölbte Seite nach vorn gerichtet ist.

Bei den Schleichern und Vögeln ist dieses vordere Querband nur wenig entwickelt, klein und schmal, und eben in diesen Thierklassen verbindet es nur die Streifenhügel mit einander.

Wenn man vom Menschen absieht, bei dem das vordere Querband weit ausstrahlt, dann erkennt man bei den meisten Säugethieren ein umgekehrtes Verhältniß zwischen seiner Entwicklung und der Größe

---

*) Vgl. Brücke, Vorlesungen über Physiologie, Wien 1876, Bd. II., S. 55, 56.

**) Commissura anterior.

des Balkens. Bei den Kloaken- und Beutelthieren, Insektenfressern und Nagern ist also das vordere Querband verhältnißmäßig groß, verhältnißmäßig klein dagegen bei Hufthieren und Affen, während die erstere Gruppe einen kleinen, die letztere einen großen Balken aufzuweisen hat. Viel seltener sind beide Querbrücken groß, wie bei den Raubthieren, oder beide klein, wie bei den Walthieren*). In dem balkenlosen Menschenhirn, das Malinverni untersuchte, war das vordere Querband stärker als gewöhnlich.

Die Fasern des vorderen Querbandes dringen aber beim Menschen nach Meynert nicht bloß in die Streifenhügel, sondern in die Schläfe- und Hinterhauptslappen, und nach Foville überdies in die Inseln.

Andere Querbänder finden sich zwischen den Sehhügeln**), den Widderhörnern***), zwischen den Seitenballen des Kleinhirns als Wurm†) und Brücke††) und zwischen den beiden im Wurm selbst liegenden scheibenförmigen Kernen, welche, dicht über der Rautengrube des verlängerten Marks gelegen, von Stilling,

*) Cetaceen.

**) Commissura posterior, Gudden's Commissur im Tractus opticus.

***) Lyra, Psalterium.

†) Vermis.

††) Pons Varolii.

dem berühmten Erforscher des Kleinhirnbaus, als Dachkerne bezeichnet wurden.

Es ist für die queren Verbindungen eigenthümlich, daß sie in Form von Platten, Bändern, Strängen und Zügen eine mehr gesonderte Gestalt annehmen, als sich bei den Bogenfasern zwischen ungleichen Bezirken derselben Hirnhälfte erkennen läßt. Dennoch giebt es außer jenen bogenförmigen Fasern, die von Windung zu Windung führen, auch solche, die entfernter gelegene Bezirke mit einander in Zusammenhang bringen. Dieser Art ist der Längsstreifen*), welcher vom Widderhorn über den Balken nach vorn und unten zur Rinde der inneren Riechwindung des Stirnlappens geht.

Am eigenthümlichsten aber ist durch seine Entwicklung beim Menschen unter den längsläufigen Verbindungszügen das sogenannte Gewölbe, welches unter dem Balken und über den Sehhügeln herlaufend einen Bogen zwischen dem Widderhorn und dem Sehhügel darstellt, der das Dach der dritten Hirnhöhle bildet. In den Verlauf dieses Bogens, der sich nach vorn wie nach hinten in zwei Schenkel theilt, ist vorne jederseits ein Nervenzellen enthaltender, aber dennoch weißer Höcker eingeschaltet, der durch eine enge Schleife der

---

*) Nervus Lancisii, stria longitudinalis s. tecta.

**) Fornix.

***) Bulbi fornicis, Corpora mammillavia, Corpora candicantia.

Fasern im vorderen Schenkel gebildet wird. Es sind also zwei solcher Gewölbehöcker vorhanden, aber ihr Doppeltsein theilen unter allen Säugethieren nur die Menschenaffen mit dem Menschen; bei allen anderen Affen sind die beiden Gewölbehöcker mit einander verschmolzen.

Durch Fasern, die nach vorn den Balken durchbrechen, hängt das Gewölbe mit der längsten Windung des Hirns zusammen, die an der Innenfläche einer jeden Halbkugel über den Balken wegläuft und daher auch Balkenwindung heißt. Nach hinten strahlen die Fasern des Gewölbes nicht bloß zum Widderhorn in den Schläfenlappen, sondern auch zum Vogelsporn in den Hinterhauptslappen aus.

Allen Bogen- und Querfasern, sowie allen denen, welche Nervenzellen des Hirns mit den Sinnesschwellen oder Muskelfasern in Verbindung setzen, ist das Gepräge von Leitungsfäden aufgedrückt.

Die Hauptthätigkeit vollzieht sich in den Theilen, in welchen Nervenzellen angehäuft sind, in der Rinde des Hirns und seinen Ganglien: den Vierhügeln, den

Sehhügeln, Streifenhügeln und den nach außen von diesen gelagerten Linsenkernen*).

Dem entspricht es, daß die Rinde, wie überhaupt alle Ansammlungen grauen Nervengewebes, mit einer viel reichlicheren Blutmenge gespeist werden, als das weiße Mark, in welches zwar hier und da Nervenzellen versprengt sind, das aber doch beinahe ganz aus markhaltigen Nervenfasern besteht. Die Maschen der blutführenden Haargefäße sind an den grauen Stellen rundlich, dreieckig, unregelmäßig vieleckig und kaum halb so weit als die langgestreckten, unregelmäßig vieleckigen Maschen des Haargefäßnetzes im Mark. (Gerlach.)

Am allergefäßreichsten ist der Streifenhügel. (H. Ekker.)

Wie sehr die Thätigkeit der Nervenheerde auf diesen reichlichen Verkehr mit dem Blute angewiesen ist, das lehren Beobachtungen und Versuche an Wirbellosen und Wirbelthieren.

Bei einem Schnurwurm**) schicken die Seitengefäße eine quere Verbindung zum Rückengefäß, die auf ihrem Wege dahin die oberen Schlundknoten in einem engen Bogen dicht umkreist. Im Regenwurm ist der Bauch-

---

*) Aeußere Streifenhügel. (Rolando.)

**) Borlasia camilla; siehe die hübsche Abbildung bei Gegenbaur, a. a. O., S. 188.

strang sehr gefäßreich*) und bei einer Egelgattung**) liegt der Bauchstrang sogar inmitten des Bauchgefäßes, dessen Zusammenziehungen die Nervenknoten leise hin und her bewegen.

Drückt man beim Menschen nur auf kurze Zeit die zum Kopfe führenden Schlagadern am Halse zusammen, dann verliert er das Bewußtsein, ein Versuch, der leider aus den Händen der Naturforscher in die der Verbrecher gewandert ist, da dieser Kunstgriff in Amerika öfters angewandt wurde, um ohne Mord an willenlos gemachten Opfern Beraubung auszuführen.

Schon bei der Frucht im Mutterleib sind die Gefäße so vertheilt, daß von dem Blut, das im Mutterkuchen unvollkommen mit Sauerstoff versehen wurde, das beste oder sauerstoffreichste dem Hirn zu Gut kommt.

Fürwahr, wenn das Blut nach Mephisto's Gewähr ein ganz besonderer Saft ist, das Hirn ist ein ganz besonderer Brei.

Da werden Billionen kleinster Werkstätten beständig vom Blut genährt und erfrischt, von klopfenden Blutgefäßchen erschüttert***), von einander in unabsehbarem Wechsel beeinflußt, angeregt von allen Eindrücken, mit

*) Leydig, a. a. O., S. 181.

**) Nephelis, Leydig, a. a. O., S. 188.

***) Vgl. Moriggia in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre, Bd. XI, S. 478.

denen die Außenwelt auf unsere Sinne, auf unseren Magen, unsere Lungen, unser Blut einwirkt, gleichsam entladen, wenn sie den Erfolg dieser Eindrücke durch tausendfache Bewegungen in die Außenwelt zurücksenden, empfangend und leidend, wirkend und gegenwirkend, rastlos auch im Traume, stets erneut, und doch immer dieselben, indem sie eine Spur von den Einwirkungen der Außenwelt, von ihrem eigenen Wechselweben, bis an des Lebens Ende erhalten.

Ist es so wunderbar, wenn das Werkzeug, das alle anderen in seiner Verschränkung übertrifft, dessen Bau und Mischung verwickelter ist als die von irgend einem Organe, mannichfaltiger und nahrungssüchtiger als alle anderen, abhängig und gebietend, Wirkungen erzeugt, die sich in so hohem Grade dem Vergleich mit anderen entziehen, daß die Schulweisen seine Erzeugnisse der Welt der Natur zu entreißen glauben, indem sie den Gedanken als etwas Ausdehnungsloses mit allem dem, was Ausdehnung und Schranken hat, in Gegensatz zu bringen wähnen?

Die Kluft, welche einstmals die wägbaren von den unwägbaren*) Stoffen trennte, war nicht größer, als diejenige, die von Vielen noch heute als trennend

---

*) Imponderabilien.

zwischen der Ausdehnung der Naturkörper und der Ausdehnungslosigkeit der Geistesthätigkeit erblickt wird.

Im wissenschaftlichen Sinne, im Sinne wahrer Weltweisheit, ist es die größte Errungenschaft des Jahrhunderts, daß durch Mayer's schöpferischen Scharfblick die Wärme als eine Form der Bewegung erkannt wurde. Die Folge davon war, daß ein geheimnißvoller Stoff, von dem man nur ein Mehr und Weniger in seinen Aeußerungen erkannte, der sich mit den Körpern verbinden oder von denselben trennen sollte, als ein den Körpern innewohnender Bewegungszustand erkannt wurde. Die Lehre, daß Wärme ein Maaß für Bewegung ist, daß das Heben eines Gewichtes ein der Hubhöhe und der Größe des Gewichts entsprechendes Maaß von Wärme verbraucht, daß die Hindernisse, die sich einer Bewegung entgegensetzen, nicht etwa einen Theil der treibenden Kraft vertilgen, sondern in die Bewegungsform verwandeln, die wir Wärme nennen, wurzelt in demselben Boden einheitlicher Naturanschauung, die auch das Denken als eine Bewegung des Stoffs erkennt.

Ohne Blut keine Hirnthätigkeit, ohne Erregung der Sinnesnerven oder der Eingeweide keine Empfindung, ohne Empfindung keine Vorstellung, kein Urtheil, keine Willensregung. Und im Verhältniß zum Stoffwechsel des Hirns, zum Reichthum der sinnlichen Wahrnehmung,

zur Fähigkeit ihrer Verarbeitung entstehen Willensentschlüsse und Handlungen, Gedankenausdruck in Wort und Schrift, und überall gewahren wir Ausdehnung und Schranken.

Wer den Riß zwischen Natur und Geist damit beglaubigen will, daß es nicht möglich sei, die Erzeugung eines Gedankens durch eine bestimmte Bewegung der Massentheilchen unseres Hirns zu erklären, der vergißt, daß er seinen Nothschrei der Ohnmacht aus dem innersten Herzen der Naturerscheinungen entlockt hat.

Von der Lagerung der Massentheilchen in dem Eisenstab, den ein elektrischer Strom magnetisch macht, in dem Kupferdrath, den ein Magnet oder ein vorbeifließender elektrischer Strom elektrisch macht, von der Molecularbewegung, die sich zur Ablenkung der Magnetnadel steigert, die von einem elektrischen Strom beeinflußt wird, wissen wir vor der Hand nicht mehr, als wir von der jeweiligen Zustandsänderung eines Hirnes wissen, das sinnt und denkt.

Wir beschreiben die vielfältigen und mächtigen Wirkungen der elektrisch und magnetisch machenden stofflichen Einflüsse; wir hoffen den inneren Vorgang, die Umlagerung der kleinsten Massentheilchen dereinst zu entdecken, aber für jetzt beschreiben wir den Erfolg, ohne zu bezweifeln, daß die wirkenden Ursachen an Metalle und Flüssigkeiten, an den Erdball und seine stoff-

lichen Erzeugnisse gebunden sind, ohne magnetische oder elektrische Geister zur Erklärung anzurufen.

Im Grunde genommen sind wir für das Gehirn noch besser daran, als für das magnetische Hufeisen, das seinen Anker anzieht. Denn während das Eisen, das magnetisch wurde, außer seiner Anziehung für Eisen keine Erscheinung wahrnehmen läßt, die eine Umlagerung seiner Massentheilchen verriethe, wissen wir mit Bestimmtheit Veränderungen anzugeben, die das Hirn, wenn es denkt, in sich selber erleidet und sonst im Körper hervorruft.

Zunächst erfährt im Gehirn, sowie es in Thätigkeit tritt, die Blutmenge eine Zunahme.

Diese Thatsache ist durch unmittelbare Beobachtungen am Menschen festgestellt, seitdem Mosso mit Giacomini und Albertotti die Gelegenheit benützt hat, zwei Fälle, in welchen ein größerer Theil des Gehirns bloß lag oder nur von Weichtheilen überzogen war, einer genauen Untersuchung zu unterwerfen*).

Es stellte sich bei dieser Untersuchung heraus, daß

---

*) Giacomini e Mosso, Esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo, in Bizzozero's Archivio per le Scienze Mediche, Anno I, 1876, p. 245; Albertotti e Mosso, Osservazioni sui movimenti del cervello di un idiota epilettico, im Giornale dell' Accademia di Medicina di Torino, 1878, (LXI), p. 47 und folgende.

der Rauminhalt des Gehirns augenblicklich wächst, wenn die Aufmerksamkeit desselben auch auf die unscheinbarste Weise in Anspruch genommen wird.

Bei einem etwa elfjährigen blödsinnigen Knaben, der an Fallsucht litt, genügte es, während er im tiefsten Schlaf lag, laut seinen Namen zu rufen, um die Zunahme seines Gehirns zu beobachten, obgleich er nicht erwachte. (Albertotti und Mosso.)

Der andere Fall betraf eine siebenunddreißigjährige Frau, bei der ein großer Theil der rechten Hälfte des Stirnbeins zerstört war. Die harte Hirnhaut lag bloß, und mittelst eines federkräftigen Kissens, dessen Schwankungen einem schreibenden Fühlhebel übertragen wurden, ließ sich die Höhe und Gestalt des Hirnpulses auf lange Zeit genau verfolgen. Während die Kranke wach, aber in vollkommener Ruhe da lag, wechselten die beiden Beobachter einige Worte, welche auf die Untersuchung der Frau Bezug hatten, aber nichts enthielten, was sie beunruhigen konnte. Sie nahm an dem Gespräch nicht Theil, und dieses währte weniger als eine Minute. Aber ihre Aufmerksamkeit war hinreichend, um ihren Hirnpuls größer und seine Wellen spitzer zu machen. Die ganze Reihe der vom Puls verzeichneten Wellen zeigt erhebliche Wogen, die einen langsameren Verlauf haben als die durchs Athmen bedingten Schwankungen, also eine viel größere

Anzahl von Pulswellen umfassen als diese. Auch hier war der Rauminhalt des Hirns während der Aufmerksamkeit etwas vermehrt. Darin und in den zugespitzten Wellen ergab sich Uebereinstimmung des Hirnpulses mit demjenigen, welcher beobachtet wird, wenn man durch plötzlichen Verschluß der Schenkelschlagadern die Blutmenge im Hirn vermehrt. (Giacomini und Mosso.)

Schon früher hatte Mosso zu den hier vom Hirn geschriebenen positiven Pulswellenbildern die negativen verzeichnet, und diese erhielten durch jene eine willkommene Bestätigung.

Es war nämlich Mosso durch eine sinnreiche Einrichtung gelungen, die immerfort schwankende Füllung des Vorderarms zu verzeichnen, indem er diesen luftdicht in eine mit Wasser gefüllte Glasglocke einschloß, deren Wassermenge bei der Ausdehnung des Arms abnahm, beim Abschwellen desselben zunahm. Mosso nannte seine Vorrichtung mit Inbegriff der dazu gehörigen Schreibmittel Füllungsschreiber*). Mit dessen Hülfe wurde das An- und Abschwellen des Arms untersucht, wie es durch verschiedene Verrichtungen und Zustände des Körpers, durchs Athmen, durch Druck auf die Blutgefäße, durch die Einwirkung

---

*) Plethysmograph.

von Wärme und Kälte, von elektrischen Strömen und anderen Einflüssen hervorgebracht wird*).

Sogleich aber stellte sich bei diesen Untersuchungen heraus, wie sehr die vollständigste Ruhe des Hirns erforderlich war, damit sich nicht Nebenwirkungen geistiger Thätigkeit in den Erfolg der zum Versuch gewählten Einflüsse einmischten.

Wenn ein Schlafender seinen Arm im Füllungsmesser hält, genügt ein Traum oder das Bellen eines Hundes, das auf seine Gehörnerven wirkt, ohne den Schlaf zu unterbrechen, um die Füllung des Arms zu vermindern.

Als Mosso an sich selber oder an seinem Freunde Pagliani in Ludwig's Anstalt zu Leipzig die Versuche anstellte, bemerkte er so oft ein Abschwellen des Arms, als ihr hochverehrter Lehrer erschien oder auch nur in ihrer Nähe seine Schritte oder Stimme hören ließ. So groß war die Ehrfurcht, welche der fruchtbare Forscher beiden einflößte, daß sie beim besten Wunsche ruhig zu bleiben, und obwohl beide längst über jugendliche Schüchternheit hinaus waren, durch die Zusammenziehung der Gefäße ihres Arms die Erweiterung ihrer Hirngefäße und damit eine

---

*) Angelo Mosso, sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell' uomo, Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, Vol. XI (1875), p. 21 und folgende.

Gemüthsstimmung zu erkennen gaben, die weder der Gesichtsausdruck, noch eine hinlängliche Veränderung des Pulses oder der Athemzüge dem Auge unmittelbar verriethen.

Und wenn ein Gehöreindruck im Schlafe, ein Traumbild, die Empfindung der Ehrfurcht den Rauminhalt des Arms verminderten, das Gleiche war der Fall, wenn irgend eine denkende Thätigkeit vollzogen ward. Eine Aufgabe im Kopfrechnen, deren Lösung nicht ausgesprochen, sondern nur durch ein Zeichen angegeben ward, damit die Bewegung des Sprechens nicht etwa störend eingreifen sollte, bewirkte bei dem weniger geübten Rechenmeister ein stärkeres Abschwellen als bei einem gewandten Rechenkünstler. Und als Mosso einem Freunde ein Blatt zu lesen gab, welches halb in dessen Muttersprache, italienisch, halb griechisch geschrieben war, erkannten die Anwesenden an der stärker verminderten Fülle des Arms den Augenblick, in welchem der Sprachjünger von der ihm geläufigeren Sprache zur schwierigeren überging.

Wir dürfen aber in allen diesen Fällen aus der verminderten Blutfülle des Arms auf eine vermehrte Blutzufuhr zum Hirne schließen, nicht weil der entgegengesetzte Zustand zwischen Hirn- und Armgefäßen sich von selbst versteht, denn sie können sich gleichsinnig verändern, sondern weil Mosso mit Giacomini

und Albertotti in ähnlichen Zuständen, wie die oben beschriebenen, die Zunahme des Hirns unmittelbar beobachtet hat. Ich nannte mit gutem Bedacht die Bilder verminderter Armfüllung während einer ehrerbietigen Regung, geistiger Aufmerksamkeit, denkender Anstrengung negative Lichtbilder, zu welchen die am Gehirn beobachtete größere Blutfülle die positiven Bilder liefert.

Es ergeht dem Hirn wie den Muskeln. So wie sie in Thätigkeit treten, so wie jenes denkt oder diese ein Gewicht heben, werden sie mit einer größeren Blutmenge gespeist.

In beiden sammeln sich Erzeugnisse der Rückbildung an, die aus einer Verbrennung oder Spaltung ihrer organischen Bestandtheile hervorgehen, und deren Entstehung ihre Thätigkeit kennzeichnet und bedingt.

Unter diesen im Hirn aus der Rückbildung entstandenen Stoffen finden sich sämmtliche Glieder der Harnsäurereihe, Harnoxydul*), Harnoxyd**), Harnsäure und Harnstoff, Käseweiß***), Fleischstoff†), Fleischzucker††) und Muskelzucker, Milchsäure und Ameisensäure. (Von Bibra, W. Müller.)

---

*) Hypoxanthin.

**) Xanthin.

***) Leucin.

†) Kreatin.

††) Inosit.

Das Auftreten der bezeichneten Säuren ist aber offenbar die Ursache, warum das Gewebe des Gehirns, des Rückenmarks und der größeren Nerven, welches in der Ruhe neutral ist, in Folge erschöpfender Thätigkeit sauer wird, so daß es blaues Lackmuspapier röthet. (Funke.*)

Bewegt sich die Thätigkeit in mäßigen Grenzen, dann wäscht der Strom des alkalischen Bluts die jeweils entstehende Säure rasch wieder aus, und die Einwirkung des Hirnsafts ruft auf Lackmuspapier nur einen violetten Fleck hervor.

Die Röthung des Lackmuspapiers durch ermüdetes Hirn ist nur ein übersichtlicher Ausdruck für den Satz, daß während der Gedankenarbeit Hirnstoff verbraucht wird, und zwar offenbar Eiweiß und Dotterfett. Daher nimmt in Folge geistiger Arbeit die Menge des Harnstoffs, der Phosphor- und Schwefelsäure, die mit dem Harn entleert werden, zu. (Byasson.)

Wenn wir in Folge angestrengter Gedankenarbeit hungrig werden und dabei, wie Davy und von

---

*) „Die Nervensubstanz zeigt sowohl in den größeren peripherischen Nervenstämmen als in den Centralorganen, Rückenmark und Gehirn, während des Lebens im Zustand der Ruhe neutrale Reaction, wird dagegen wie der Muskel . . . durch erschöpfende Thätigkeit . . . . sauer.“ Otto Funke, in den Berichten der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, 13. August 1859.

Bärensprung berichten, die Eigenwärme eine Steigerung erleidet, so kann das nur durch einen beschleunigten Stoffwechsel erklärt werden. Hunger ist ein sicheres Anzeichen einer Verarmung des Bluts und der Gewebe, einer Veränderung in der stofflichen Mischung, die sich in den Nerven bis zum Gehirn als Empfindung fortpflanzt. Jene Verarmung erfolgt nur durch eine vermehrte Ausscheidung und namentlich durch eine Zunahme der ausgehauchten Kohlensäure. Somit muß die Verbrennung im Körper gesteigert sein. Und daß beim Denken auch die Wärme erhöht wird, das ist die Probe, welche die Richtigkeit unserer Rechnung bestätigt, wenn wir die vermehrten Ausgaben des Körpers von der Hirnthätigkeit herleiten. Das Denken erweist sich als eine Bewegung des Stoffs.

Der Satz, daß Mischung, Form und Kraft einander mit Nothwendigkeit bedingen, daß ihre Veränderungen allezeit Hand in Hand mit einander gehen, daß eine Veränderung des einen Gliedes jedesmal die ganz gleichzeitige Veränderung der beiden anderen unmittelbar voraussetzt, hat auch für das Hirn seine Richtigkeit. Stoffliche Veränderungen des Hirns üben einen Einfluß auf das Denken, und umgekehrt, das Denken spiegelt sich ab in den stofflichen Zuständen des Körpers.

Der vorderste und größte Abschnitt des Gehirns besteht aus zwei, durch eine tiefe Längsspalte von

einander getrennten Hälften, die beide vereinigt ungefähr die Gestalt einer Halbkugel haben, während jede einzeln eigentlich annähernd die Form des Viertels einer Kugel besitzt. Sie heißen trotzdem, wie wir oben sahen, große Halbkugeln des Hirns oder Großhirnballen.

Wenn in einer dieser Halbkugeln eine Entartung stattfindet, dann braucht dieselbe häufig nur einen beschränkteren Raum einzunehmen, um Schlafsucht, Geistesschwäche oder vollständigen Blödsinn zu erzeugen.

Das Hirn ist von einer weichen Haut überzogen, welche einen großen Reichthum an Blutgefäßen besitzt. Auf diese weiche Haut folgt nach außen eine zarte, sogenannte Spinnwebehaut. Endlich ist die Spinnwebehaut nach außen von einer dritten faserigen Hülle umgeben, die unter dem Namen der harten Hirnhaut bekannt ist. Diese Häute sind ebenso am Rückenmark vorhanden, zu welchem das Gehirn die unmittelbare Fortsetzung bildet. Zwischen der Gefäßhaut und der Spinnwebehaut, also unter der letztgenannten, befindet sich ein Saft, den man Hirnrückenmarksflüssigkeit nennt. Diese Flüssigkeit kann sich in Krankheiten übermäßig vermehren. Folgen des unregelmäßigen Zustandes sind Verstandesschwäche, Betäubung.

Oft zerreißen im Hirn Blutgefäße, so daß eine beträchtliche Menge Blut in die Hirnmasse austritt.

Das ist der häufigste Fall beim sogenannten Schlagfluß. Verlust des Bewußtseins ist eine sehr bekannte Folge dieser krankhaften Veränderung.

Hirnentzündung besteht in einer Ueberfüllung der Blutgefäße des Hirns, der ein unregelmäßig vermehrtes Ausschwitzen der Blutflüssigkeit und Austritt der Blutzellen nachfolgen. Der Irrwahn, der sich in wilden Reden austobt, ist der Ausdruck der Hirnkrankheit. Das Irrsein in Nervenfiebern und anderen Leiden dieser Art geht aus ähnlichen Ursachen hervor.

Wenn der Herzschlag so weit geschwächt wird, daß eine Ohnmacht entsteht, dann wird dem Hirn zu wenig Blut zugeführt. Darum begleitet Bewußtlosigkeit eine vollkommene Ohnmacht. Das Hirn Enthaupteter stirbt in Folge des Blutverlustes in kurzer Zeit ab.

Sauerstoff, den wir beim Athmen aufnehmen, ist zur richtigen Mischung aller Werkzeuge des Körpers erforderlich. Kein Theil aber verspürt den Mangel an Sauerstoff im Blut so rasch wie das Gehirn. Wenn das Hirn nur aderliches Blut enthält, wenn ihm nicht die nöthige Menge schlagaderlichen Blutes zugeführt wird, stellen sich Sinnestäuschungen ein. Kopfschmerz, Schwindel, Bewußtlosigkeit sind gewöhnliche Folgen.

Thee stimmt das Urtheil, Kaffee nährt die gestal-

tende Kraft des Hirns. Wir kennen in diesem Fall die stoffliche Veränderung nicht, welche das Hirn erleidet. Wir wissen aber, daß der Hunger, der auf nichts Anderes gegründet ist, als auf einen mangelhaften Ersatz der verlorenen Blutbestandtheile, in dessen Folge das Gehirn ungenügend ernährt ist, unlustig zur Arbeit, reizbar, aufrührerisch, wahnsinnig macht.

Beim Genuß von Wein und geistigen Getränken geht der Weingeist über in's Blut und in das Hirn. Zugleich sind die Gefäße des Hirns, des Rückenmarks, der Nerven an den Stellen, an welchen sie aus dem Hirn entspringen, und ebenso die Gefäße der Hirnhäute mit Blut überfüllt. Die Anwesenheit des Weingeistes und diese Anhäufung des Bluts im Hirn sind die Ursachen des Rausches.

Auf stofflichen Einwirkungen, die das Gehirn erleidet, beruht die auffallende Umstimmung unseres Gemüths und unseres Urtheils nach der Einathmung des Lustgases oder dem Genuß von Mohnsaft.

Den Namen Lustgas hat Davy dem Stickstoffoxydul ertheilt, weil es eingeathmet eine behagliche Empfindung erweckt, die in Berauschung und zuletzt in Besinnungslosigkeit übergeht.

Eine kleine Gabe Mohnsaft erzeugt bei einem gesunden Manne Heiterkeit und ein erhöhtes Kraft-

gefühl, das ihm erleichtert, Schwierigkeiten zu überwinden.

Kein anderer Körper bewirkt jedoch in so hohem Grade eine Sinnesänderung des Menschen, wie der indische Hanf*). Aus seinen Blättern und Blüthen wird durch Abkochung und nachträgliches Eindampfen ein Dicksaft oder eine Art von Täfelchen bereitet, in welchen ein harzartiger Stoff enthalten ist. Nach dem arabischen Namen des Hanfs wird dieses Berauschungsmittel Haschischa genannt. Es wird vorzugsweise geraucht und ist im Osten so berühmt wegen seiner anregenden, erheiternden Wirkung, daß es die Asiaten durch allerlei Namen verherrlicht haben. Bald heißt es Freudenwecker, bald Sinnenreiz, bald Band der Freundschaft. Auch Europäer, die es nur versuchsweise rauchten, empfanden ein unbeschreibliches Wohlbehagen, eine ungemeine Heiterkeit, so daß an sich unbedeutende Aeußerungen unwiderstehlich zum Lachen reizten. Beim Ungewohnten bewirkt aber der Sinnenreiz bald Sinnentaumel, so daß auch bei fortdauerndem Bewußtsein das Urtheil über Zeit und Raum sich verwirrt, vor Kurzem geschehene Dinge oder wenig

*) Cannabis indica, botanisch von Cannabis sativa L., dem gemeinen Hanf, nicht verschieden oder höchstens eine Abart desselben. Vgl. Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde, 2. Aufl., Hannover 1877, S. 978.

entfernte Gegenstände in unerreichbare Ferne gerückt scheinen. Geruch und Geschmack entschwinden oder empfinden in abweichender Weise. Auf die Verzückung kann Betäubung, auf diese Tollheit und Tobsucht folgen, die schließlich in eine große Abgespanntheit übergeht. Und leider hinterläßt dieser Wechsel von Entzücken, Taumel, Verwirrung, Tollheit und Abspannung ein Verlangen nach Wiederholung, die das Haschischrauchen leicht zur Gewohnheit werden läßt, obgleich dessen Gefährlichkeit allgemein bekannt ist und Selbstmordversuche im Haschischrausch nicht selten sind. (J. Sachs, W. Preyer.*)

Aber ebenso wie offenbare stoffliche Veränderungen des Hirnes Thätigkeit beherrschen, so greift auch die Verrichtung des Hirns durch die stofflichen Zustände des Körpers hindurch.

Das Hirn und Rückenmark sind im Grunde genommen nichts Anderes, als mächtige Ansammlungen von Nervenfasern, welche vielfach mit Nervenzellen zusammenhängen. An verschiedenen Orten vereinigen sich die Nervenfasern zu Bündeln und Strängen, welche von Hirn und Rückenmark gegen die Oberfläche des

*) Vgl. W. Preyer, die fünf Sinne des Menschen, Leipzig 1870, S. 70—73, Anmerkung 16, eine Schrift, die für Laien und Gelehrte gleich lesenswerth ist.

Körpers und in die einzelnen Werkzeuge desselben ausstrahlen.

Diese Bündel von Nervenfasern, die eine größere oder geringere Menge von Bindegewebe umgiebt, sind eben unsre Nerven.

Auch sie verhalten sich in der Ruhe nach Funke's Untersuchungen neutral, und in Folge erschöpfender Thätigkeit werden sie sauer.

Aber nicht bloß aus chemischem Gesichtspunkt findet man die Nerven in Folge ihrer Thätigkeit verändert. Es wurde schon früher mitgetheilt, daß es Valentin, Oehl und Schiff gelungen ist, eine Wärmeerhöhung im gereizten Nerven wahrzunehmen*). Dem ist nun hinzuzufügen, daß bei der Reizung im Nerven eine Elektricitätsentwicklung stattfindet.

Zwar hat die Annahme eines in ruhenden Muskeln und Nerven vorausbestehenden elektrischen Stroms den beharrlichen Untersuchungen Hermann's weichen müssen**). Alle die Ströme, die man in ausgeschnittenen Muskeln und Nerven während der Ruhe beobachtet hat, sind die Folge einer Verletzung. An der verletzten Stelle beginnt das Absterben. Die absterbende Stelle aber verhält

---

*) Siehe Bd. I, S. 331, 332.

**) L. Hermann, die Ergebnisse neuerer Untersuchungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität, in Moleschott's Untersuchungen, Bd. XII., S. 118 — 121.

sich negativ elektrisch gegen den ganzen übrigen Theil des Muskels oder Nerven, der noch nicht abgestorben ist. Es entwickelt sich durch das Absterben ein Strom, der in den Muskeln und Nerven vom Querschnitt zur Längsfläche gerichtet ist. Der einzige Muskel, der sich völlig unverletzt aus dem Thierkörper herausnehmen läßt, ist der Herzmuskel, aber das Herz ist nach Engelmann's Untersuchungen stromlos.

Wird nun ein herausgeschnittener Nerve gereizt, dann findet man mit der von du Bois-Reymond und Matteucci so erfolgreich ausgebildeten Untersuchungsweise, daß von der erregten Stelle ein elektrischer Strom im Nerven zu den nicht erregten Stellen gerichtet ist.

Die Erregung pflanzt sich im Nerven wellenartig fort. Sind die zuerst erregten Stellen den Nervenheerden näher gelegen, dann muß somit zunächst ein Strom geradläufig zur Endausbreitung des Nerven verlaufen, dann aber, wenn die Erregung hier angelangt ist, rückläufig von der Endausbreitung zum Nervenheerd.

Findet die Erregung am unversehrten Nerven statt, dann ist bei einmaliger Reizung die Wirkung so flüchtig, daß man sie bisher nicht nachzuweisen vermochte, und reizt man in kurzer Zeit sehr oft nach einander, z. B.

mit elektrischen Wechselströmen*), dann begegnen sich die rückläufigen und gradläufigen Ströme, um sich gegenseitig aufzuheben. (Hermann.)

Streng genommen ist also die Elektricitätsentwicklung durch Reizung des unversehrten Nerven im lebenden Körper nicht nachgewiesen. Für den Muskel dagegen ist Hermann der betreffende Nachweis gelungen. Da nun sonst in allen Punkten das elektrische Verhalten des Nerven dem des Muskels gleich oder im höchsten Grade ähnlich befunden worden, so darf man mit der größten Wahrscheinlichkeit auch für den lebenden Nerven den Satz gelten lassen, daß zwar der ruhende unverletzte Nerv stromlos ist, im erregten Nerven dagegen sich ein Strom entwickelt, der von der erregten Stelle nach den nicht erregten gerichtet ist.

Aber auch unabhängig von dem elektrischen Strom, den die Erregung erzeugt, ist eine stoffliche Aenderung von der Thätigkeit des Nerven unzertrennlich.

An den Nerven haften die Vorgänge, welche eine Verkürzung der Muskelfasern und dadurch Bewegung veranlassen. Die Nerven sind ebenso die Träger der Empfindung im thierischen Körper. Eindrücke, welche die Außenwelt auf unsere Sinne macht, werden als Empfindungen im weitesten Sinne des Worts durch die Nerven und das Rückenmark zum Gehirn geleitet.

*) Inductionsströmen.

In dem Gehirn kommen diese Eindrücke zum Bewußtsein. Reize, die den Nerven am Umkreis des Körpers treffen, werden erst wahrgenommen, wenn sie der Nerv bis zum Gehirn fortgeleitet hat.

Mit einem Worte: Die Nerven pflanzen stoffliche Veränderungen zum Gehirne fort, und diese stofflichen Veränderungen werden im Hirn zu Empfindungen.

Verschiedene Formen der Hirnthätigkeit ertheilen den verschiedenen stofflichen Bewegungsvorgängen des Körpers ihr Gepräge.

Gemüthsbewegungen beherrschen den Durchmesser der feinsten Blutgefäße des Antlitzes. Wir erblassen vor Schreck, weil die Gefäße der Wangenhaut eine Verengerung erleiden, in deren Folge sie weniger rothes Blut führen. Umgekehrt erweitern sich die Blutgefäße des Gesichts, wenn wir glühen vor Zorn oder erröthen vor Scham.

Wenn das Auge glänzt vor Freude, so ist es praller mit Säften gefüllt. Von dem stärker gewölbten Augapfel, von dem ein größerer Abschnitt aus der Augenhöhle hervorragt, wird mehr Licht zurückgeworfen; der Augapfel glänzt aus demselben Grunde, der auch dem Kinderauge seinen lieblichen Glanz verleiht.

In einer freudigen Erregung wird die Zahl der Pulsschläge in der Minute vermehrt, während umgekehrt ein plötzlicher und heftiger Schreck den Puls

verzögern, ja sogar einen augenblicklichen Stillstand des Herzens, eine Ohnmacht erzeugen kann.

So verändern Gemüthsbewegungen die Milch der Mutter. Die Erinnerung an leckere Speisen bedingt vermehrte Speichelabsonderung. Schon die Alten wußten es, daß die Leber bei leidenschaftlichen Wallungen des Gemüths eine wichtige Rolle spielt. Aerger erzeugt Gallenergüsse oder Verstopfung der Gallengänge und in ihrer Folge Gelbsucht. Wehmuth, Schmerz, Freude, Mitleid vermehren die Absonderung der Thränen. Und es hat schwerlich Jemand seine Jungfernrede gehalten, ohne daß ihm Regungen seiner Eingeweide die Aufregung seines Hirns als einen körperlichen Zustand fühlbar machten.

Wenn also das Hirn in seiner Entwicklung der geistigen Fähigkeit vorbaut, wenn es nach Maaßgabe der Begabung größer wird, seine Stirnlappen wachsen, die Rinde sich entfaltet und an Nervenzellen bereichert, wenn die Nervenzellen in demselben Verhältniß vielgestaltiger und eigenartiger werden, ihre gegenseitigen Beziehungen und Verbindungen ins Unabsehbare zu-

nehmen; wenn im Einklang mit diesem Auf- und Ausbau die stoffliche Mischung verwickelter wird, der Fettgehalt im Allgemeinen und der des Dotterfetts insbesondere wächst, während die Menge des Wassers abnimmt; wenn es gerade die verwickeltsten, wandelbarsten Stoffe sind, die im Hirn in mehrfachen Abarten auftreten, deren Zersetzung und Verbrennung verschiedenartige und zahlreiche Kräfte wach ruft; wenn das Hirn, so wie es denkt, mehr Blut in Anspruch nimmt, seine Mischung verändert, und seine Regungen sich in dem ganzen Stoffwechsel offenbaren, so daß Gedankenarbeit mit Wärmeentwicklung verbunden ist, die Schlacken der Rückbildung vermehrt und ihren Auswurf steigert; wenn das Denken hungrig macht und das Hirn ermüdet; wenn Ruhe, Nahrung, neues Blut das Hirn zu neuer Denkarbeit befähigen: dann muß man allem Muth des Denkens entsagen oder Vorurtheilen huldigen, kirchlichen Offenbarungen schmeicheln, wenn man nicht einstimmt in den Satz, daß das Gehirn das Werkzeug unserer sinnlichen Wahrnehmung und unserer Gedankenarbeit ist.

Der Versuch an Thieren hat die Erfahrung des Beobachters bestätigt.

Lurche und Vögel können Monate lang die Wegnahme ihrer Großhirnballen überleben.

Ein enthirnter Frosch verharrt Viertelstunden lang

in derselben Lage, bleibt auf dem Rande eines Beckens oder sonst in einer unbequemen Stellung sitzen, bis eine Erschütterung am Tische, ein stärkeres Geräusch oder der Blutandrang zu einem herabhängenden Gliede als Reiz eine Bewegung auslöst, an welchem das Bewußtsein keinen Theil hat. Der seines Großhirns beraubte Frosch sucht niemals zu entfliehen. Er sitzt Stunden lang auf einem Teller, ohne zu bemerken, daß ihn keine Glasglocke gefangen hält.

Hat man Tauben des Großhirns beraubt, dann muß man ihnen die Nahrung in den Schnabel stecken, um sie am Leben zu erhalten. Junge Hühner erfordern diese Hülfe nur in der ersten Zeit nach der Enthirnung; später picken sie das Futter auf, unter der Bedingung, daß man es ihnen reichlich hinstreut, so daß sie, mit dem Schnabel darin herumfahrend, genug auflesen können, offenbar ohne mit Bewußtsein darnach zu streben oder zu wählen.

Es fehlt den Thieren jeder Trieb zur Selbstbestimmung.

Auf jeden Reiz folgt jene Bewegung oder Kette von Bewegungen, welche in Folge der Uebertragung des Reizes empfindungvermittelnder Nervenfasern auf bestimmte Gruppen von Nervenzellen und von diesen auf bewegungvermittelnde Nervenfasern erzeugt wird. Aber es fehlt der Theil der Nervenheerde, in welchem

diese Erregungsvorgänge zu einander in Beziehung gebracht, geregelt, verarbeitet werden, es fehlt der Theil des Hirns, in welchem eine Anzahl vorausgegangener Reize gewissermaßen aufgespeichert waren, welche die neu hinzukommenden hemmend oder fördernd aufnehmen und, wenn auch immerhin mit Nothwendigkeit, deren schließlichen Erfolg bestimmen.

Bei enthirnten Säugethieren bewirkt Lichtreiz Verengerung des Sehlochs. Bittere Stoffe, die man ihnen ins Maul bringt, bewirken Bewegungen der Zunge, Speichelabsonderung, Verziehung der Lippen, Oeffnen und Schließen des Maules, Kaubewegungen. Gekneipt schreien sie, und lästiges Ungeziefer veranlaßt sie sich zu kratzen. Bei einem heftigen Geräusch fahren sie zusammen. (Longet, Schiff, Brücke.)

Aber die Thiere sehen und schauen nicht, sie hören ohne zu horchen, sie fühlen ohne zu tasten und schmecken ohne zu kosten.

Ueber die unmittelbare Folge, welche die Reizung eines Gefühlsnerven in dem von ihm auf kürzestem Wege abhängigen Bewegungskreise hervorruft, reicht die Wirkung nicht hinaus. Die Taube, die einen Raubvogel schreien hört, rüttelt sich, ohne zu fliehen. Säugethiere, denen man in den Schwanz kneipt, schreien, bewegen sich ungestüm aber planlos, sie machen einen Sprung ohne davon zu laufen.

Es fehlt die Beziehung der gereizten Empfindungsheerde zu anderen fernerliegenden, oder es findet eine solche nur in der beschränkten Weise statt, welche durch eine Uebertragung in den erhaltenen Theilen der Nervenheerde vermittelt sein kann. Brücke glaubt an jungen Hühnern, bei denen er schon seit längerer Zeit das Großhirn entfernt hatte, und die wieder ohne unmittelbare Hülfe zu fressen begannen, beobachtet zu haben, daß sie leichter veranlaßt wurden, die Körner aufzupicken, wenn er diese mit Geräusch ihnen zuwarf, als wenn er sie leise hinschob*). Da aber der Gehörnerv durch das verlängerte Mark mit einem Theil seiner Fasern in das Kleinhirn eindringt und überdies im verlängerten Mark mit Nervenzellen zusammenhängt, so würde es sich hier nur um eine von den beschränkten Uebertragungen handeln, zu welchen die erforderlichen Nervenbahnen noch erhalten waren.

Es ist deshalb auch nicht wunderbar, daß eine von Voit enthirnte Taube durch Zupfen am Schnabel dazu gereizt werden konnte, die Federn zu sträuben, mit dem Schnabel um sich zu hacken und zu gurren. Aber dasselbe Thier wich weder einem Hinderniß aus, noch vermied es gefährliche Stellungen. Ein des Hirnes beraubtes Huhn läßt sich wie ein

---

*) Ernst Brücke, Vorlesungen über Physiologie, Bd. II, Wien 1876, S. 54.

Falke auf der Hand herumtragen, ohne herabzuflattern. Nur wenn man es unzart anfaßt, macht es unsichere Bewegungen und fliegt unbeholfen zu Boden.

Furcht, Muth, Entschlossenheit sind den Thieren abhanden gekommen. Im Anfang pflegen die Vögel ruhig da zu sitzen, halten den Kopf unter einem Flügel, oft so still, daß man sie für ausgestopfte Vögel halten könnte. Wirft man einen solchen Vogel in die Luft, dann läßt er sich nach kurzem Flattern an irgend einer Stelle nieder, oft an einem sehr unsicheren Ort, und bleibt da wiederum regungslos sitzen. Nach einiger Zeit pflegen die Thiere leichter Bewegungen vorzunehmen, zu denen sie durch innere, nicht offenkundige Reize getrieben werden. Plan und Regel gehen diesen Bewegungen immer ab.

Mit den Großhirnballen verlieren die einzelnen Thierarten ihre hervorragendsten Charakterzüge. Ein Hund kennt weder seinen Herrn noch Fremde, für jenen hat er keine Liebkosung mehr, gegen diesen keine Wachsamkeit. Die unbändigste Katze wird gezähmt, Maulwürfe wühlen nicht mehr in der Erde, Eichhörnchen haben ihre muthwillige Lebhaftigkeit eingebüßt. Ein Täuber mit samenreichen Hoden wird gleichgültig gegen das Weibchen*).

---

*) Vgl. Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Bd. II, Abth. 2, Braunschweig 1848, S. 560.

Nach Flourens' Versuchen geht das Bewußtsein nicht stückweise verloren, wenn das Hirn in Schichten abgetragen wird. Wenn das Messer bis auf eine gewisse Tiefe eingedrungen, ist das Bewußtsein und jede Verarbeitung der sinnlichen Eindrücke mit Einem Schlage vernichtet.

Dennoch haben Bouillaud's Versuche schon im Jahre 1830 gezeigt, daß eine tiefe Verletzung oder Zerstörung des Vordertheils der beiden Großhirnballen einen großen Theil der Folgen bewirkt, den Flourens an die vollständige Abtragung der Halbkugeln geknüpft sah.

Ein wesentlicher Unterschied ergab sich darin, daß Bouillaud die Riechlappen und ihre Verbindung mit den Großhirnballen schonte, während Flourens sie ganz und gar ausrottete. Im letzteren Falle konnte natürlich von einer Geruchsempfindung nicht mehr die Rede sein, während Bouillaud's Hunde, Kaninchen, Tauben und Hühner nicht blos fühlten, hörten, sahen, sondern auch noch Riechstoffe empfanden. Aber auch diese Thiere, die nur eine beschränkte Verletzung ihres Vorderhirns erlitten, erkannten ihre Umgebung nicht mehr, gaben kein Zeichen von Ueberlegung und Entschluß, sie waren gleichgültig gegen Liebkosung und Strafe, hatten alles Gedächtniß für frühere Beziehungen verloren. Und doch verrieth sich der minder weit gehende

Eingriff durch Regungen von Ungeduld und Schrecken, ja, nach Bouillaud's Angabe schienen sich die Thiere über ihre Lage zu verwundern*). Ihr Bewußtsein war also in hohem Grade geschwächt, sie konnten aber nicht für ganz bewußtlos gelten.

Man hat enthirnte Vögel länger als ein Jahr am Leben erhalten. Die Bildung des Bluts und der Gewebe bleibt möglich. Säugethiere jedoch gehen wenige Stunden nach Ausrottung der Großhirnballen zu Grunde.

Alle Thiere gleichen sich aber darin, daß man ihnen mit dem Hirn zugleich ihren Geist und ihr Gemüth ausschneidet. Mit dem Organ wird dessen Verrichtung vernichtet, obgleich das Leben kürzer oder länger den Eingriff überdauert.

Ebenso ist in allen Fällen von Geisteskrankheit das Hirn krank, wenn auch eine grobe Entartung sich nicht immer dem unbewaffneten Auge offenbart.

Das Hirn kann krank sein, weil es von krankem Blut gespeist wird, ohne daß sich an irgend einer Stelle eine Blutanhäufung, wässerige Ergüsse, Entzündung oder Geschwülste erkennen lassen.

In vielen Fällen hat man die krankhafte Veränderung in den feinsten Bestandtheilen des Hirns, wenn sie bei hinlänglicher Vergrößerung untersucht

*) Vgl. Longet, a. a. O. III, p. 445, 446.

wurden, unmittelbar erkannt. So fand man in den Nervenzellen der Hirnrinde von Menschen, die im Typhus oder in der Cholera an rasendem Irrwahn gelitten hatten, eine Anhäufung von dunklen Farbstoffkörnchen, im Blödsinn die Menge des Bindegewebes im Hirn vermehrt und erhärtet, und in Folge dessen die eigenthümlichen Bestandtheile des Nervengewebes, die Nervenzellen und Nervenfasern verkümmert.

Es hat aber nicht die mindeste Beweiskraft, daß man nicht immer bei Geisteskranken eine stoffliche Entartung des Gehirns hat nachweisen können. Das spricht so wenig gegen das unauflösliche Band zwischen Hirn und Gedankenthätigkeit, wie es gegen die Gesetze der Schwere spricht, daß Hunderte von Naturforschern nie den Lauf der Sterne beobachtet haben. Einer chemischen Untersuchung hat man das Gehirn von Irren bisher nur selten unterworfen. Und man muß sich daran erinnern, wie zusammengesetzt und verwickelt der Bau des Gehirnes ist, man muß bedenken, daß wir nur wenig über eine geographische Eintheilung des Hirns in benannte Bezirke hinausgekommen sind, um einzusehen, daß entweder mehr Kenntnisse, oder mehr Zeit und Mühe dazu gehören, als gewöhnlich auf eine Leichenöffnung verwandt werden, um in irgend einem Fall behaupten zu dürfen, das Gehirn eines Geisteskranken sei in seinem Bau und seiner Mischung un-

versehrt gewesen. Die Untersuchungen von Bibra's haben gezeigt, daß es nicht genügt, die Menge des Fetts, des Wassers und der festen Theile des Gehirns und einzelner Hirntheile zu wägen, um die Eigenthümlichkeit der Mischung in dem Gehirn von Geisteskranken zu erkennen. Dazu ist eine mehr ins Einzelne gehende Forschung erforderlich, welche das Hirn in seine besonderen Theile zerlegt und in diesen Theilen die sämmtlichen Bestandtheile berücksichtigt.

Die Mischung verhält sich zu Form und Kraft, wie die nothwendige und Alles bedingende Grundlage der Erscheinungen im Organismus. Aber darin liegt das eigenthümliche Verhältniß dieses Satzes zu einer großen Anzahl unserer Zeitgenossen, daß ihnen entweder die Klarheit fehlt oder der Muth, die letzten Folgerungen desselben ohne Scheu und ohne Rücksicht anzuerkennen. Wie viele lustige Gesellen haben schon begeistert in den biblischen Ausruf eingestimmt: Der Wein erfreut des Menschen Herz! Und wie oft hört man es von Frauen, von Künstlern und Gelehrten, daß ihr Geist morgens erst wach und frisch zum

Schaffen ist, wenn sie ihren Kaffee genossen haben. Aber der lustige Gesell, die Frau, der Künstler und namentlich der Gelehrte erschrecken in der Regel, so wie man jene Erscheinung in einen allgemeinen Satz einkleidet, ja, sie möchten gern der Macht ihrer eigenen Beobachtung ausweichen, wenn sie ahnen, daß sie selbst das Hülfsmittel liefern müssen, um den Geist als Eigenschaft des Stoffes zu erweisen. Der Beobachtung kann man jedoch nicht entfliehen. Die Thatsache herrscht.

Sinnliche Eindrücke bedingen die Stimmungszustände des Gehirns. Ich habe es in dem zweiten Abschnitt dieses Buches entwickelt, daß wir außer den Verhältnissen der Körperwelt zu unseren Sinnen nichts aufzufassen vermögen. Alle Erkenntniß ist sinnlich.

Angeborene Anschauungen giebt es nicht. Die Einheit der Auffassung des Dinges für uns und des Dinges an sich ist nicht darin begründet, daß das Wesen der Dinge und die Gesetze, nach welchen es sich entfaltet, in einem vom Stoff unabhängigen Geiste vorgebildet sind. Jene Einheit besteht vielmehr dadurch, daß es überhaupt nur Eine Auffassung giebt, nämlich die Auffassung des Dinges wie es für uns ist.

Wir fassen nichts auf als Eindrücke der Körper auf unsere Sinne. An sich bestehen die Dinge nur durch ihre Eigenschaften. Ihre Eigenschaften sind aber

Verhältnisse zu unseren Sinnen. Und diese Verhältnisse sind wesentliche Merkmale.

Man erinnere sich doch der größten, der wichtigsten Entdeckungen aller Zeiten, auf dem Gebiet der Wissenschaft, der Kunst, des Gewerbes. Immer war es eine sinnliche Beobachtung, die zu allem den Anstoß gab. Es fällt ein in Holz geschnitzter Buchstabe in den Sand, und die Buchdruckerkunst ist erfunden. Galilei sah in dem Dom zu Pisa eine Lampe schwingen und folgte der Erscheinung so beharrlich, daß sie ihm die Pendelgesetze offenbarte. Newton liegt behaglich sinnend in seinem Garten, ein Apfel fällt vom Baum: die Entdeckung des Gesetzes der Schwere ist gesichert. Und dieser Fall wiederholt sich überall, auch wenn mit der Entdeckung ein neuer Begriff, und nicht bloß die Anwendung bekannter Gedanken gegeben ist.

Biot sagt vortrefflich: „Die Mathematiker haben eine vollständige Kenntniß des Kreises, obgleich ihnen weder die Natur, noch die Kunst jemals eine vollkommene Kreislinie gezeigt haben"*). Die Behauptung ist durchaus richtig. Aber ebenso gewiß steht es fest, daß der Mensch die Eigenschaften des Kreises nur durch eine, wenn auch unvollkommene Kreislinie im

*) Biot, Comptes Rendus, T. XXXIII, p. 557. „C'est ainsi que les géomètres ont une notion parfaite du cercle, quoique la nature ni l'art ne leur aient jamais présenté de cercle parfait."

Sande, nur durch ein sinnliches Wahrzeichen entdecken konnte.

Sagt man nun, daß die Sinne niemals das Wesen der Dinge erfassen können, so liegt das nur an der unklaren Vorstellung vom Wesen der Dinge, in der sich so viele Bespiegelungssüchtige gefallen. Die Idealisten mögen sich damit beschäftigen, das Wesen der Dinge mit einer hochtönenden Phrase zu verdunkeln. Dem Naturforscher sollte es klar sein, daß das Wesen eines Dinges nichts Anderes vorstellt als die Summe seiner Eigenschaften.

Jede Eigenschaft ist ein Verhältniß zu den Sinnen. Aber jeder sinnliche Eindruck ist eine Bewegungserscheinung, die sich dem Stoff unserer Sinnesnerven mittheilt.

Der Aether und die festen Theilchen eines Körpers schwingen, und es entsteht ein Lichtbild im Auge. Schwingungen einer Luftsäule, einer Saite, eines gespannten Felles erzeugen den Schall. Wir riechen nur diejenigen Stoffe, welche in flüchtigem Zustande den feinsten Ausbreitungen des Geruchsnerven entlang bewegt werden. Die Bewegung gelöster Stoffe wirkt auf den Geschmacksnerven. Druck, Rauhigkeit, Härte, Wärme, Kälte sind ebenso viele Zustände des Stoffs, die den Tastnerven nur vermittelst der Bewegung zur Wahrnehmung kommen.

Mit dieser Erinnerung ist einer der verbreitetsten Irrthümer widerlegt, als wenn die Einwirkung auf die höheren Sinne, auf Ohr und Auge, eine unstoffliche wäre.

In ähnlicher Weise wie das elektrische Verhalten gereizter Empfindungsnerven hat eine chemische Eigenthümlichkeit der Netzhaut des Auges die Thatsache, daß jede Empfindung von einem stofflichen Vorgang begleitet ist, in augenfälliger Weise erwiesen.

Es findet sich nämlich in der Netzhaut der Wirbelthiere ein purpurner Farbstoff, der sich in ihr anhäuft, wenn das Auge im Dunkeln weilt, dagegen in kurzer Zeit erbleicht, wenn das Auge dem Lichte ausgesetzt wird, um sich im Dunkeln immer rasch wieder zu erzeugen.

Der Farbstoff, welcher kurzweg Netzhautpurpur genannt wird, befindet sich nicht in allen Schichten der Netzhaut, sondern nur in einer ihrer Außenfläche naheliegenden, der sogenannten Stäbchenschicht. In dieser Stäbchenschicht gehört sie aber nur den Außengliedern der echten Stäbchen an, nicht den etwas abweichend gestalteten Zapfen, welche für das Sehen ohne Zweifel die wichtigeren Formbestandtheile sind, weil sie in dem gelben Fleck der Netzhaut, das heißt in der Gegend des deutlichsten Sehens allein, ohne Beimischung von Stäbchen, vorkommen.

Diese im Jahre 1876 von Franz Boll in Rom verallgemeinerte Thatsache ist seitdem von Wilhelm Kühne in Heidelberg nach allen Richtungen, chemisch, physikalisch, physiologisch, mit gewohnter Meisterschaft durchforscht worden. Wir wissen nun durch seine Bemühungen, daß man durch kurz dauernde Belichtung auf dem Augengrund wahre Lichtbilder eines vor dem Auge befindlichen Gegenstandes erhalten kann, die insofern den positiven Lichtbildern der Photographen zu vergleichen sind, als den hellen Stellen des Leuchtkörpers auf der Netzhaut verblaßte, den dunklen Stellen dagegen purpurfarbig gebliebene entsprechen*).

Es ist dies eine der unmittelbarsten Beobachtungen, durch die es dargethan wird, daß das Licht auch in den Stoffwechsel der Thiere mächtig eingreift, und dies bei einer der höchsten Sinnesverrichtungen, da die Netzhaut beim Sehen belichtet wird und bei der Belichtung bleicht.

Trotzdem ist es nicht richtig von Sehpurpur zu sprechen, da in den vorhin erwähnten Zapfen kein Purpur enthalten ist und auch im Licht gebleichte Netzhäute ihre Verrichtung nicht einstellen. Es ist nur eine äußerst bezeichnende Thatsache, daß die Be-

---

*) Vgl. namentlich W. Kühne, chemische Vorgänge in der Netzhaut, in L. Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. III, erster Theil, S. 235 u. folg. Leipzig 1879.

leuchtung der Netzhaut mit einem nachweisbar chemischen Vorgang verknüpft ist, ganz so wie es die Kenntniß der Lebensvorgänge erwarten ließ.

Aber es handelt sich beim Sehen nicht bloß um Bewegung der Atome, sondern auch um eine Bewegung sichtbar abgesonderter Theilchen. Und es wäre fehlerhaft, wenn man diese letzteren als kleinste Theilchen bezeichnen wollte, da die größten, eine wohlausgeprägte Krystallgestalt besitzend, als rhombische Tafeln und Prismen auftreten und zwei Drittel des Durchmessers eines menschlichen Blutkörperchens erreichen, während die kleinsten auf den Durchmesser herabsinken, der den allerfeinsten Formbestandtheilen unseres Körpers eignet. Mit anderen Worten, der Durchmesser der beim Sehen sich bewegenden Theilchen schwankt zwischen einem und fünf Tausendsteln eines Millimeters. (Rosow und Frisch.)

Mit der Bewegung dieser Theilchen hat es aber folgende Bewandtniß.

Nach außen von der Stäbchenschicht der Netzhaut findet sich eine Lage von Zellen, welche die soeben erwähnten, durch ihre dunkelbraune Farbe auffallenden Körnchen und meßbaren Prismen enthalten. Daß diese äußerste Zellenschicht, welche durch die dunkelbraunen Körperchen geradezu geschwärzt wird, der Netzhaut angehört, das hatte Kölliker durch entwick-

lungsgeschichtliche Studien nachgewiesen zu einer Zeit, als man von ihrem nahen Zusammenhang mit der Netzhautverrichtung noch keine Ahnung hatte. Und wie die wissenschaftliche Erkenntniß nicht sprungweise fortschreitet, sondern immer nur die Frucht allmäliger Entwicklung ist, so mußte auch die hier zu berücksichtigende noch durch andere wichtige Thatsachen angebahnt werden.

Bis in die sechziger Jahre kannte man die in Rede stehenden Farbstoffzellen*) nur als sechsseitige Körperchen, die außer den braunen Farbstoffkörnchen einen weißen Kern enthalten, in welchen der Farbstoff niemals eindringt. Von besonderen Fortsätzen an diesen Zellen wußte man nichts. Es war Maximilian Schultze, der unsren das Kleinste umfassenden Gesichtskreis so vielfach erweitert hat, vorbehalten, an der der Stäbchenschicht zugewandten Fläche dieser Zellen lange Franzen zu entdecken, deren einzelne Glieder sich zwischen die Stäbchen und Zapfen der Stäbchenschicht einsenken und diese innig umgeben.

In Folge späterer Untersuchungen von Kuhnt, Angelucci und Kühne bestehen die Farbstoffzellen, vom äußeren Rande nach dem Binnenrande der äußersten Netzhautlage hin, aus einem farblosen Randtheil, dem gebräunten oder geschwärzten Mittelstück und den

*) Pigmentzellen.

Fortsätzen, welche das Binnenende der Zellen darstellen. Der Randtheil besteht aus Keimstoff und wird der Gestalt nach mit einer Kuppel verglichen. An seiner Grenze gegen das Mittelstück findet sich der farblose Kern.

Das Mittelstück ist nicht ein ununterbrochenes Ganze, sondern durch die in seinen Leib hineinragenden Zapfen und Stäbchen der Stäbchenschicht unterbrochen*). Dieses Mittelstück ist aber der Hauptsitz der Farbstoffkörnchen.

Wie die Kuppel, so bestehen auch die Fortsätze aus zusammenziehungsfähigem Keimstoff, was zuerst von Czerny angedeutet wurde. Und wie die Kuppel, so ist auch die Grundlage dieser Binnenfortsätze farblos.

Aber die Farbstoffkörnchen aus dem Leib der Zellen können in die Fortsätze eindringen, und sie wandern um so zahlreicher in dieselben ein, je mehr das Auge dem Lichte ausgesetzt wird. (Kühne.)

Frösche, die man etwas über eine Stunde im Dunkeln gehalten hat, besitzen sehr viel Farbstoffkörnchen im Zellenleib, aber von hier aus breiten sich dieselben nur in die Wurzel der Fortsätze bis zu etwa einem Drittel ihrer Länge aus.

Waren dagegen die Frösche auch nur eine Viertel-

---

*) Kühne in Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. III, Theil I. Leipzig 1879, S. 242.

stunde im Licht gehalten, dann hat sich der Zellenleib eines Theils seines dunklen Inhalts entleert, und die Farbstoffkörnchen haben sich bis an das Binnenende der Fortsätze ausgebreitet, so daß sie nunmehr in Gestalt eines dunklen Mantels die Stäbchen und Zapfen in ihrer ganzen Länge umgeben.

Diese von Kühne und Angelucci*) aufs Genaueste beschriebenen Vorgänge sind auch von mir mit Battistini und Bocci im physiologischen Laboratorium der Universität zu Rom beobachtet worden, und es ist als sicher ausgemacht zu betrachten, daß das sogenannte Augenschwarz**) in Gestalt von Körnchen und Prismen aus dem Zellenleib in die Fortsätze, welche die Stäbchen und Zapfen umgeben, bis an deren Ende vorwandert, wenn das Auge Lichteindrücke erhält, also sieht, und daß es sich in den Zellenleib zurückzieht, wenn das Auge im Dunkeln weilt, also ruht.

Also stoffliche Veränderungen im Bereiche der Netzhaut begleiten das Sehen, Bewegungserscheinungen, die nicht bloß in unmeßbar kleiner, sondern auch in meßbarer Entfernung vor sich gehen, chemische Umlagerung der Atome und physische Molecularbewe-

---

*) Vgl. Arnoldo Angelucci, Ricerche istologiche sull' epitelio retinico dei vertebrati. Firenze, Roma, Torino 1878, p. 12, 13.

**) Melanin der Autoren, Fuscin von Kühne.

gung, Stoff- und Formenwechsel. Man könnte sagen: man sieht das Sehen.

„Daß die Bewegung des Lichtäthers in der Netzhaut in chemische Processe übergehe", sagt Kühne*) in einer jener Abhandlungen, die Licht aus einem Füllhorn locken, aber ich erinnere mich noch des freundlich spöttischen Lächelns, mit welchem ein angesehener Arzt eine bezügliche Aeußerung in einem vor dreißig Jahren von mir in Mainz gehaltenen Vortrag aufnahm. Ich selber ahnte damals nicht, wie bald das «ignorabimus» jenes geistvollen, gelehrten und vorurtheilsfreien Arztes in Licht zerfließen würde.

Gehen wir denn unbeirrt weiter.

Wir sehen ein farbiges Bild. Die Nervenhaut des Auges empfängt den Eindruck der Lichtwellen. Daraus erwachsen in uns gewisse Vorstellungen. Wir üben uns im Schauen von Kunstwerken und wir gelangen zum Ideal des Schönen. Das Schöne ist kein fester und fertiger Begriff, den das Hirn des Menschen mit auf die Welt bringt. Das Schöne läßt sich nicht erdenken, es läßt sich nur finden. Und gefunden wird es eben nur von den Kunstrichtern, die nach Winckelmann's Beispiel das Kunstwerk hegen mit den

*) W. Kühne, über den Sehpurpur. Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität Heidelberg, Heidelberg 1877, S. 4.

Sinnen, wie der Naturforscher die Pflanze oder das Thier, dessen Wesen er ergründen, dessen Eigenschaften er umfassen möchte.

Das Wort berührt uns sinnlich. Wenn das Ohr geöffnet ist, so sind wir unter der Macht des Wortes, gleichviel ob es uns überredet oder zum Widerspruch reizt. Das Wort wird allmächtig, wenn die Rede klar gegliedert an unsern Bildungsstandpunkt anknüpft, so daß es nicht an der Uebung fehlt, um den Zusammenhang der Worte aufzufassen. Uebung aber ist dazu ebenso unerläßlich, wie zur Unterscheidung der Töne in einem Klange, zum Festhalten einer Gesangsweise, zum Belauschen der Rolle Einer Stimme oder Eines Instruments in einem Chor, in einer Symphonie.

Unsere Stimmung wird vom Tonkünstler durch richtig gewählte Gegensätze beherrscht. Ist die Empfänglichkeit schon vorher erhöht, so kann uns die Gewalt einer Tonschöpfung bis zu Thränen hinreißen. Die Stimmung des Hirns, die durch die Erregung der Hörnerven erzeugt wurde, spiegelt sich wieder in anderen stofflichen Zuständen des Körpers.

Wer wüßte es nicht, daß Gerüche Erinnerungen erwecken? Die Tafelfreuden bezeichnen ganz mit Recht den Antheil, den man auch dem Geschmackssinn an unserer Stimmung zuschreiben muß und der bisweilen eine, freilich dürftige, Entschädigung bietet für die

Langeweile, die ein großes Gastmahl je nach der Gesellschaft mit sich führen kann. Wenn Ohr und Auge darben müssen, wird die Zunge um so thätiger und folglich um so größer der Einfluß, den sie auf unser Wohlbehagen ausübt. Tasteindrücke erwecken Wollust und Begierden.

Ohne Ausnahme beruhen die sinnlichen Eindrücke und die von denselben abhängigen Zustände des Gehirns auf Bewegungserscheinungen des Stoffs, die sich auf die Sinnesnerven übertragen.

Unser Urtheil ist ein sinnliches. Es ist auf sinnliche Beobachtung gestützt. Weil alle Dinge überhaupt nur sind durch ihre Verhältnisse zu einander, so ist auch der Eindruck, den ein Gegenstand auf unsre Sinneswerkzeuge macht, ein wesentliches Merkmal des Gegenstandes.

Dadurch ist die Möglichkeit der Sinnestäuschungen nicht ausgeschlossen. Das Wesentliche liegt nur darin, daß es zunächst nicht der Verstand ist, sondern wiederum ein Sinneswerkzeug, eine andere sinnliche Beobachtung, welche die Sinnestäuschung berichtigt.

Ich sehe die Luft nicht, ich sehe nicht ihren Sauerstoff, ihren Wasserdampf, ihre Kohlensäure. Der Laie kann hiernach zweifeln an der Körperlichkeit der Luft, an dem leibhaftigen Bestehen von Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure in derselben. Aber das Eisen rostet,

wenn es feuchter Luft ausgesetzt wird. Es verbindet sich mit Sauerstoff und Wasser, und es wird dabei um ebensoviel schwerer, als das Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffs und Wassers beträgt. Der Eisenrost beweist dem Auge das Vorhandensein von Sauerstoff und Wasser in der Luft. Jedermann weiß, daß Kochsalz an der Luft feucht wird. Und ein sehr einfacher chemischer Versuch zeigt, daß die Luft durch ihre Kohlensäure Kalkwasser trübt. Das Kalkwasser nimmt um das Gewicht der Kohlensäure an Schwere zu. Kohlensaurer Kalk fällt zu Boden. Zu allem diesem kommt noch, daß die Luft durch ihre Schwere einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, deren Höhe am Meere durchschnittlich 760 Millimeter beträgt.

Wasser bricht die Lichtstrahlen anders als Luft. Wenn ich in eine Tasse einen Kreuzer lege und mich von der Tasse so weit entferne, daß ich eben aufhöre, den Kreuzer zu sehen, weil ihn die hohe Wand der Tasse verdeckt, dann wird er mir auf der Stelle wieder sichtbar, wenn ich die Tasse mit Wasser fülle, weil das Wasser die Lichtstrahlen stärker bricht als die Luft. Hätte ich von Anfang an so weit gestanden, daß ich den Kreuzer in der Tasse nicht sehen konnte, so hätte nimmermehr eine angeborne Anschauung mich dazu geführt, die Anwesenheit des Kreuzers zu errathen. Auch die Brechung des Lichts hätte das Hirn nicht

erdacht. Durch Wasser wird der Kreuzer sichtbar. Diese oder ähnliche Beobachtungen führten zu der Entdeckung der gebrochenen Lichtstrahlen.

Zwei Reihen von Bäumen, die überall gleich weit von einander gepflanzt sind, die Schienen einer Eisenbahn scheinen in großer Entfernung zusammenzulaufen. Wir beurtheilen die Größe eines Gegenstandes, in dem gegebenen Falle die Entfernung, nach der Größe des Winkels, den zwei Linien mit einander bilden, welche von den äußersten Grenzen des Leuchtkörpers nach dem optischen Mittelpunkt des Auges gezogen werden. Wenn der Körper, den wir sehen, gleich groß bleibt, dann wird natürlich dieser Winkel, den man Gesichtswinkel nennt, um so kleiner, je ferner uns der Gegenstand entrückt ist. Darum scheint in einem langen Saal an dem unsrem Standpunkt entgegengesetzten Ende die Decke sich zu senken, der Fußboden sich zu heben. Ein Bergpfad, aus der Ferne betrachtet, macht einen steileren Eindruck. Hohe Thürme scheinen sich dem Beobachter, der an ihrem Fuß steht, zu neigen.

Und die Kunst hat es weidlich verstanden, aus den gesetzlich bedingten Täuschungen unsrer Sinne Vortheil zu ziehen. Zunächst beruht ja die ganze Lehre der Perspektive und ihrer Anwendung auf der Berücksichtigung der naturnothwendigen Form und Schranken unseres sinnlichen Urtheils. Aber nicht bloß die Zeichen-

kunst macht sich diese Verhältnisse zu Nutzen. In Santa Maria Novella, jener Lieblingskirche Michel Angelo's in Florenz, ist das Ende des Seitenschiffs schmäler gehalten als sein Anfang, damit es den Eindruck größerer Länge mache. Und die große Treppe im Vatikan soll gewaltiger aufsteigen zu dem Priester, der da wähnt er sei Gottes Stellvertreter auf Erden, indem die oberen Stufen schmäler gebaut sind als die unteren. Die „fromme Täuschung" verschmäht es nicht, die Wissenschaft in ihren Dienst zu nehmen.

Daß aber die Bäume und die Schienen der Eisenbahn in weiter Ferne ebenso weit aus einander sind, wie in nächster Nähe, daß der Saal überall gleich hoch, der Bergpfad minder steil, der Thurm nicht schief geneigt ist, das sind alles Thatsachen, die wir nur durch Beobachtung erfahren konnten, wenn wir sie auch immerhin, nachdem die Beobachtung einmal gemacht und durch häufige Wiederholung verallgemeinert war, in neuen Fällen ohne Weiteres erschließen.

So lernt das Kind Entfernungen nur durch vieles Greifen und Tasten beurtheilen. Ebenso unsicher erkennt es anfangs die Richtung des Schalles. Und wie viel Uebung erheischt es später, wenn wir die feinere Unterscheidung von Tönen, von Farben und Maßverhältnissen erlernen sollen.

Der eine Sinn ergänzt und berichtigt den anderen.

Wenn wir schon einige Gläser Wein geleert haben, sind wir mit verbundenen Augen nicht mehr im Stande, rothen und weißen Wein mit Sicherheit zu unterscheiden. Mit sehenden Augen nimmt die Zunge den Unterschied deutlich wahr.

Aus der Verbindung der sinnlichen Wahrnehmungen, aus der gegenseitigen Ergänzung der Sinne, aus Beobachtungen, die unter verschiedenen Verhältnissen, mit mannigfaltigen Hülfsmitteln angestellt werden, und vor Allem aus der Uebung der Sinne geht das richtige Urtheil hervor. Eine vollkommene sinnliche Wahrnehmung ist ein Erfassen der Summe aller Eigenschaften mit vollkommen geübten, entwickelten Sinnen. Die Summe aller Eigenschaften ist das Wesen des Dings.

Die einzelnen Eigenschaften eines Körpers sind jedoch nicht unabhängig von einander. Jede einzelne Eigenschaft ist vielmehr durch alle anderen mit Nothwendigkeit bedingt. Wir haben dies bereits für das gegenseitige Verhältniß von Mischung, Form und Kraft gesehen.

Wegen dieser nothwendigen Verbindung der Eigenschaften, deren Summe den einzelnen Körper bezeichnet, gelingt es uns, für die Dinge der Außenwelt einen allgemeinen Ausdruck von bestimmtem Inhalt zu finden.

So giebt es einen Körper, der in Wasser löslich ist, sich mit Säuren zu Salzen verbindet, die fast alle vom

Wasser aufgelöst werden, mit Platinchlorid einen gelben, mit Weinsäure einen weißen krystallinischen Niederschlag hervorbringt, der Flamme des Alkohols eine violette Farbe ertheilt. Die Summe dieser und vieler anderer Eigenschaften nennt der Chemiker Kali. Er erhebt sich durch diese Bezeichnung zu einem allgemeinen Begriff, der ihn ohne Weiteres an eine ganze Reihe von einzelnen Beobachtungen erinnert.

Hierher gehört die ganze Thätigkeit des beschreibenden Naturforschers. Wir begegnen zum Beispiel zwei Thieren, die in allen Merkmalen mit einander übereinstimmen, aber durch Eine minder augenfällige Eigenschaft von einander abweichen. Daraus macht man zwei Arten. Man kennt ein indisches und ein javanisches Nashorn, beide dadurch ausgezeichnet, daß sie nur Ein Horn haben auf der Haut, welche das Nasenbein bedeckt. Aber das indische Nashorn hat eine glatte Haut, während die der javanischen Art mit kurzen Höckern bedeckt ist. Wegen jener Uebereinstimmung in den übrigen Eigenschaften vereinigt man beide Arten in Eine Gattung. Der Gattungsbegriff ist in diesem Falle die Summe einer gewissen Anzahl von Beobachtungen, die, von der Haut absehend, auf die Zehen, die Zähne, die Auswüchse an der Nase Rücksicht nehmen und in diesen Gebilden eine allgemeine Uebereinstimmung der Eigenschaften

ergeben. Mit dem Tapir und dem Klippdachs hat das Nashorn unter Anderem sieben Backenzähne jederseits im Oberkiefer und Unterkiefer und das Fehlen der Gallenblase gemein. Tapir, Nashorn und Klippdachs werden hiernach zu einer Familie vereinigt. Nach einer ähnlichen Uebereinstimmung der Merkmale zwischen dieser und mehren andern Familien ist die Ordnung der Dickhäuter aufgestellt, zu welcher der Elephant, das Schwein, das Flußpferd gehören. Und indem alle Arten dieser Ordnung mit zahlreichen anderen die Eigenschaft theilen, daß sie lebendige Junge gebären, die aus den Zitzen der Mutter Milch als erste Nahrung saugen, erheben wir uns zu dem noch allgemeineren Begriff der Klasse der Säugethiere.

Der Begriff ist somit nichts Anderes als eine Summe gemeinsamer Merkmale, deren Zahl die Weite oder die Grenzen des Begriffs bestimmt. Je weniger Merkmale den Begriff zusammensetzen, desto mehr einzelne Körper fallen in das Bereich desselben. Wenn die übereinstimmenden Eigenschaften, deren Summe den Begriff ausmacht, sehr zahlreich sind, dann wird der Begriff um so enger. So entstehen Begriffe höherer und niederer Ordnung.

Auf diesem Wege werden aber alle Begriffe gebildet, auch die allerabgezogensten. Wir nennen alles, was Bewegung des Stoffs hervorruft, Kraft. Die

Bildung eines solchen Begriffs hat aber nur dann einen Werth, wenn der Begriff die wirkliche Welt der Erscheinungen deckt.

Oft muß man es hören, daß der abgezogene Begriff nur im Verstande gegeben sei, daß der Begriff als solcher nicht in die Erscheinung trete. Wer diesen Glauben theilt, der ist sich über die Bedeutung, über die Entstehung des Begriffs ebenso wenig klar, wie jene Naturforscher, die über das Wesen der Dinge grübeln. Man braucht nur festzuhalten, daß der Begriff eine Summe von Merkmalen bezeichnet, die mehren Dingen gemeinsam sind, um sich ein für allemal vor hohlen Bespiegelungen zu sichern und den Begriff in jedem einzelnen Falle leibhaftig bethätigt zu sehen.

Ich gelange zum allgemeinen Begriff des Stoffs, wenn ich denselben von allen Eigenschaften entkleide, durch welche sich der eine Stoff vom anderen unterscheidet. Dann bleiben immer noch drei Eigenschaften übrig. Der Stoff ist schwer, der Stoff erfüllt den Raum, und der Stoff ist der Bewegung fähig. Ohne diese Eigenschaften besteht der Stoff nicht. Aber alle Körper besitzen diese Merkmale. Ich darf daher nicht sagen, daß der Stoff, begrifflich genommen, nicht besteht; ich muß vielmehr sagen: er besteht überall.

Nachdem es uns gelungen ist, die Summe der Eigenschaften eines Dinges in ihrer nothwendigen Verbindung

zu erkennen, sind wir auch im Stande, durch die Kenntniß einiger Eigenschaften die übrigen zu erschließen.

Begegnet der Chemiker einem Stoff, der mit Weinsäure einen weißen krystallinischen Niederschlag giebt, der in kurzen, dicken Nadeln an der Wand des Proberöhrchens haftet, einem Stoff, der außerdem mit Platinchlorid einen gelben krystallinischen Niederschlag liefert, dann weiß er, daß er Kali vor sich hat. Er weiß dann ohne Weiteres, daß ein Stoff vorliegt, der sich in Wasser löst, der zu den Säuren eine innige Verwandtschaft besitzt, der mit allen anorganischen Säuren in Wasser leicht lösliche Salze bildet, der der Alkoholflamme eine violette Farbe ertheilt. Kurz, der Chemiker erkennt durch zwei oder drei Eigenschaften ein ganzes Dutzend und mehr andere Merkmale, die mit Nothwendigkeit an jene zwei oder drei geknüpft sind.

Auf diese Schlußfolgerung, welche die Kenntniß der nothwendigen Verbindung der einzelnen Eigenschaften, die Festigkeit des allgemeinen Begriffs voraussetzt, ist die ganze Lehre der chemischen Prüfungsmittel gegründet. Man nennt eine solche Probe charakteristisch, wenn das Merkmal, das sie zur Erscheinung bringt, hinreicht, um auf alle übrigen Eigenschaften einen Schluß zu erlauben. Wenn die Chemie nicht als Handwerk betrieben wird, dann setzt sie bei allen ihren Thätigkeiten eine der tiefsten und

gewandtesten Anwendungen allgemeiner Begriffsbestimmungen voraus. Wie der Mathematik, so kann man auch der Chemie, wenn auch nach einer anderen Seite hin, nachrühmen, daß sie eine vortreffliche Schule des Denkens bildet, eine Schule, welche den einseitigen Idealismus überall zu Schanden macht.

Einzelne Knochen eines vorweltlichen Thiers, das nicht mehr zu den Bewohnern der Erde gehört, waren für Cuvier hinreichend, um den ganzen Bau des Thiers zu erschließen. Cuvier lehrte den Knochen als den erfahrungsmäßigen Ausdruck kennen für ein Gesetz der Form, das zu den übrigen Körpertheilen den Schlüssel bietet.

Es ist aber falsch zu sagen, daß das Gesetz die Form baut, daß der Leib geschaffen würde von der Idee. Im Gegentheil, das Gesetz ist abgeleitet aus den erfahrungsgemäß beobachteten Formen.

Das Gesetz ist nur der kürzeste, der allgemeine Ausdruck für die Uebereinstimmung vieler tausend Erzählungen. Das Gesetz hat nur geschichtliche Gültigkeit. Es verdollmetscht die Erscheinung, es bannt den Wechsel der Erscheinungen in eine kurze Formel, bindet die Summen der Eigenschaften an ein Wort, aber es regiert sie nicht. Nie und nimmermehr ward das Gesetz vor der Erscheinung erdacht, es ward in der Erscheinung gefunden.

Je besser wir es verstehen, in der Körperwelt, in der Natur und in Kunstgebilden zu lesen, desto reicher sind unsere Gedanken. Denn der Gedanke ist der lebendige Ausdruck des Gesetzes. Wenn wir der Welt, welche von den Sinnen erschlossen ward, nachsinnen, dann zeugen wir die Idee.

Urtheile, Begriffe und Schlußfolgerungen füllen die ganze Summe unseres Denkens aus. Die Schlußfolgerung ergiebt sich aus dem Begriff, der Begriff aus dem Urtheil, das Urtheil aus der sinnlichen Beobachtung. Aber die sinnliche Beobachtung ist die Auffassung des Eindrucks einer stofflichen Bewegung auf unsere Nerven, der sich bis in das Gehirn fortpflanzt.

Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken ebenso unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine ebenso nothwendige, ebenso unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem andern Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre.

Um aber zu denken muß das Hirn gereizt werden, theils durch die fortdauernde Ernährung, die ihm von Seiten des Bluts zu Theil wird, theils durch die Anregung der Sinneseindrücke, die seine kleinsten Stofftheilchen, die Molecüle seiner Zellen, in Bewegung setzen.

Der Anstoß dazu braucht nicht immer in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Ergebniß der Gedankenarbeit zu stehen. Von Lagrange erzählt man, daß er einmal lange nach dem strengen Beweise eines Satzes gesucht, der für ein ganzes mathematisches Lehrgebäude den Schlußstein abgeben mußte. Da sei er eines Tages in Turin in die bekannte Kirche des heiligen Franciscus von Paola in der berühmten Postraße gegangen, in der er eine schön gesungene Messe zu hören bekam. Und als er zur Kirche heraustrat, hatten die Schwingungen seiner Gehörsaiten sich auf die Denkzellen fortgepflanzt, und der längst gesuchte Beweis seines Hauptsatzes war mit einem Male gefunden.

Um solche Dinge zu begreifen muß man wissen, daß alle Sinnesreize in unser Gehirn bis zu einem physiologischen Centrum vordringen, in welchem sie empfunden werden, zu welchem sie vordringen müssen, um eine Empfindung auszulösen. Aber über diesen Empfindungscentren im engeren Sinne steht ein Wahrnehmungscentrum, in welchem die Empfindung ver-

arbeitet und verwerthet wird, ohne welches die Empfindung dem Gedächtniß verloren geht und weder Vorstellungen, noch Leidenschaften, noch Entschlüsse erregt.

Am Hinterhauptslappen des Gehirns und zwar bis an den hinteren Rand reichend findet sich beim Hunde eine Gegend der Hirnrinde, die, wenn sie auf beiden Seiten zerstört wird, vollständige Blindheit nach sich zieht. War die Zerstörung nur an Einer Seite vorgenommen, so ist nur das Auge der entgegengesetzten Seite blind; das betreffende Auge empfindet keine Gesichtseindrücke; es ist, als wenn das Auge nicht vorhanden wäre. (Hermann Munk.)

Inmitten jenes Rindenbezirks liegt aber nach Munk eine so ziemlich kreisrunde Stelle, deren Zerstörung, wenn sie mit Schonung der Umgegend ausgeführt wurde, den Hund nicht am Sehen, sondern am Erkennen verhindert. Ein solcher Hund, obwohl ihm beide Centralstellen der Hinterlappenrinde zerstört sind, bewegt sich frei im Zimmer, duckt sich, um unter einem Schemel durchzugehen, springt über ein vorgehaltenes Bein, stößt bei seinem Wandern nirgends an. Aber früher geliebkoste Menschen und Hunde sind ihm fremd geworden; den Wassereimer, aus dem er zu trinken pflegte, das gewohnte Futter, die Peitsche, mit der er gezüchtigt worden, die Hand, die ihn zum Reichen der Pfote bestimmte, sie lassen ihn gleichgültig.

Munk nennt einen solchen Hund seelenblind. Er sieht ohne zu schauen, hat Augen um zu sehen, aber erkennt nicht, er muß von neuem sehen lernen.

War die betreffende Ausrottung einseitig vorgenommen, dann thut er dies wirklich. In diesem Falle ist anfangs nur das Auge der entgegengesetzten Seite seelenblind, das rechte Auge, wenn die Hirnverletzung an der linken Seite geschah, im umgekehrten Fall das linke Auge. Jetzt kommt es nur darauf an, daß der Hund dazu erzogen werde, die Gesichtseindrücke, die das seelenblinde Auge erhält, zu erkennen, zu bemessen, zu begreifen, so wird er auch auf dessen Seite wieder schauen und erkennen, was ihm wiederholt vorgehalten wurde. Man braucht ihm nur ein paar Mal den Kopf ins Wasser oder in den Futternapf zu stecken, damit er Speise und Trank wiederfinde, ihn nur ein paar Mal die Peitsche fühlen zu lassen, damit er sich aufs Neue vor ihr fürchte. Es tritt also eine andere Rindengegend für die verloren gegangene ein, und die Seelenblindheit an dem anderseitigen Auge wird in einigen Wochen geheilt.

Es wird ein neuer Rindenbezirk beseelt. Wenn auch das der Rindenzerstörung gleichseitige Auge verbunden ist, kann der Hund mit dem anderseitigen nicht nur sehen, sondern schauen und erkennen.

Ganz ähnlich verhält sich das Hörcentrum. Es

liegt im Schläfelappen in der hinteren Gegend seiner unteren Spitze. Aber auch hier kann man ein Empfindungscentrum von einem Wahrnehmungscentrum unterscheiden. Auch hier liegt letzteres inmitten des ersteren. Wird der Gesammtbezirk, der die Empfindung vermittelnde und die Wahrnehmung empfangende, auf beiden Seiten zerstört, dann ist der Hund auf beiden Ohren taub. Kein Geräusch veranlaßt ihn mehr die Ohren zu spitzen. Wird aber nur der Wahrnehmungsbezirk vernichtet, dann hört der Hund ohne zu horchen, die Erinnnerung der einmal erlebten Gehöreindrücke ist ihm verloren gegangen, er versteht kein Lob, kein Locken, weder Drohung noch Besänftigung mehr. (Hermann Munk.)

Und auch hier tritt in vier bis fünf Wochen Heilung ein, wenn die Zerstörung auf Eine Seite beschränkt blieb, vorausgesetzt daß das Thier von Neuem horchen lernte. Die einseitige Seelentaubheit ist vorübergehend. Es wird einem neuen Rindenbezirk die Seele einstudirt.

Was hier an dem einen Sinn erfahren wurde, bürgt für die Richtigkeit der Auffassung des am andern Sinn Erlebten. Und es ist sehr beachtungswerth, daß Munk es nicht unterlassen hat die Gegenprobe zu machen. Es ist nämlich eine wichtige Erfahrung der Physiologie, daß im Gehirn diejenigen

Theile eine Rückbildung erleiden, deren peripherisches Organ vernichtet wird. Wenn man nun neugeborenen Hunden ein Auge ausschneidet oder ein Ohr vernichtet, dann geht im anderseitigen Hinterhauptlappen das Wahrnehmungscentrum für das Sehen oder im Schläfelappen dasjenige des Hörens in seiner Entwicklung zurück.

Der Neugeborene verräth es deutlich, daß er aus dunklem, stillem Kerker ans Lebenslicht geboren ward. Von warmer Flüssigkeit umgeben, die, wenn sie mit seiner Zunge in Berührung kam, seinen Geschmackssinn nicht üben konnte, weil sie immer nahezu von derselben Beschaffenheit ist, hatte er gar keine Gelegenheit, Geruchsempfindungen zu spüren. Wie Cabanis*) ganz richtig bemerkt, hat nur der Tastsinn Gelegenheit gehabt, einige Wahrnehmungen zu machen, die bei der mangelhaften Uebung, von keinem anderen Sinn überwacht, zu keinem oder höchst beschränktem Urtheil führen mußten. Die empfindenden Hirnbezirke sind ungeübt und unbeseelt.

Sogar Hunger leiden muß der Neugeborene erst

*) P. J. G. Cabanis, Rapports du physique et du moral de l'homme, Paris 1824, Tome I, p. 102.

lernen. So lange er im Mutterleibe eingeschlossen, durch das mütterliche Blut regelmäßig und fortwährend ernährt ward, konnte natürlicher Weise kein Nahrungsbedürfniß empfunden werden. Stellt sich nun aber Durst und Hunger ein, dann verräth dies das kleine Wesen durch Unruhe; es bewegt den Kopf hin und her, rudert mit den Armen, fängt an zu schreien und nur wenn zufällig ein Zipfel des Kissens oder ein Finger seines Händchens seinen Mund berührt, erfaßt es dieselben und beginnt daran zu saugen. Aber sei es, daß durch die Schwere des Armes der Finger seinem Munde entgleitet, oder daß er durch Jemand herausgezogen wird, der Säugling ist in den ersten Tagen nicht fähig, ihn wieder in den Mund zu bringen. (Genzmer.)*)

Jedem erfahrenen Beobachter ist es bekannt, wie lange ein hungriger Säugling sich durch einen Finger täuschen läßt, und wie ungeschickt sich die meisten anzustellen pflegen, wenn es gilt die Brustwarze zu finden. Die Wärterinnen, die es verstehen, hierzu die beste Anleitung zu geben, ersparen Mutter und Kind manch' unruhige Stunde. Und Besser hat ein wahres

*) Alfred Genzmer, Untersuchungen über die Sinneswahrnehmungen des neugebornen Menschen, Halle a. S., 1882, S. 6; vergleiche auch Kußmaul, Untersuchungen über das Seelenleben des neugeborenen Menschen, Leipzig und Heidelberg, 1859, S. 32, 33.

Wort geschrieben, als er folgenden Ausspruch that: „Kännte das (neugeborene) Kind auch nur in dunkelster „Vorstellung die Mutterbrust, so würde es nicht mit „gleicher Begierde Minuten lang am dargebotenen „Finger saugen, es würde auch warmes Wasser nicht „ebenso gierig trinken als die Milch.“*)

Ebenso unerfahren wird der Mensch mit Rücksicht auf den Lufthunger geboren. Man kann schlafenden Neugeborenen bis zu fünf Secunden lang die Nase zuhalten, bevor sie mit der Nase und dem Mund Bewegungen vornehmen. Noch später erst wird das Kind unruhig, macht ungeduldige Bewegungen mit dem Kopf und fängt schließlich unter lautem Schreien an mit dem Mündchen zu athmen. (Genzmer.)

Ohne allen Lufthunger bewirken Hautreize aller Art, daß sich Athembewegungen einstellen, und da beim gesunden Neugeborenen Hautreizungen dem Lufthunger vorangehen, so ergiebt sich, daß die Athembewegungen im Gange sind, bevor das Athembedürfniß sich fühlbar gemacht hat. (W. Preyer.)*) Daß unter

---

*) L. Besser, Haben wir die seelischen Phänomene beim Neugeborenen für Reflexvorgänge zu erklären? Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. VIII, S. 5 und 7 des Sonderabdrucks.

**) W. Preyer, Ueber die Ursache der ersten Athembewegung, Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaft, 1880, 6. Februar.

den betreffenden Hautreizen die Abkühlung des Neugeborenen eine große Rolle spielt, läßt sich nicht bezweifeln, obgleich Preyer's Versuche es dargethan haben, daß der erste Athemzug auch ganz unabhängig von dieser Abkühlung, wie ohne Vermittlung des Lufthungers, eintreten kann.

Vom Hunger nach Luft und Speise hat der Neugeborene keine Ahnung, weil ihm während des Verweilens im Mutterleib das Bedürfniß nach beiden fortwährend befriedigt ward. Insofern hat also der Neugeborene zu lernen, was Hunger, Durst und Athemnoth für Empfindungen veranlassen.

Und ganz ähnlich verhält es sich mit dem Schmerze. Obwohl der Neugeborene schreiend in die Welt tritt und der allgemeinen Freude, mit welcher er empfangen wird, keine schmeichelhafte Antwort giebt, also jedenfalls nach dem Uebergang aus dem warmen Mutterleib in die kühlere und trockne Luft Mißbehagen empfindet, hat er doch nur eine sehr unbedeutende Fähigkeit Schmerz zu leiden. Wenn man ein Kind in den ersten Stunden seines Lebens mit einer Nadel sticht, verräth es nicht nur keinen Schmerz, sondern es macht nicht einmal jene sogenannten Reflexbewegungen, mit denen es am zweiten oder dritten Tage nach der Geburt denselben Reiz beantwortet. Aber selbst diese Bewegungen, die am zweiten und dritten Tage

durch den Nadelstich hervorgerufen werden, beschränken sich auf eng umschriebene Muskelgruppen, und obwohl der Stich stark genug ist, um einem Erwachsenen empfindlich zu sein, deutet nichts darauf hin, daß diese beschränkten Bewegungen als Ausdruck des Schmerzes aufgefaßt werden müssen. Im Gegentheil, durch ähnliche Beleidigungen werden oft nur die allerbehaglichsten Reflexbewegungen ausgelöst. Genzmer erinnert ganz richtig daran, daß man einem saugenden Kinde kräftig auf die Hand klopfen oder gegen das Näschen schnippen kann, ohne daß etwas Anderes erfolgt als verstärkte Saugbewegungen. Durch Klopfen auf die Nase kann ein Säugling an der Brust nicht selten zu kräftigerem Saugen veranlaßt werden. Es ist allgemein bekannt, daß Kinder in den ersten Wochen des Lebens beim Impfen viel seltener schreien als ältere Kinder. Und Genzmer ist von dieser geringeren Schmerzempfindlichkeit des Neugeborenen so durchdrungen, daß er als erprobter Wundarzt den Rath giebt, schmerzhafte Kunstleistungen, wie z. B. die Beseitigung der Hasenscharte, schon in den ersten Lebenstagen vorzunehmen. Er sah ein dreitägiges Kind ruhig einschlafen, während er demselben nach besagtem Kunstgriff die Wundnaht anlegte.

Sogar im Schmerzleiden fällt kein Meister vom Himmel. Auf die Uebung kommt es an. Und unter

allen Sinnesnerven sind es unstreitig die Tastnerven, die während des Verweilens im Mutterleibe am häufigsten in Anspruch genommen werden. Trotzdem bringt das Kind keine Erfahrungen mit zur Welt, die uns berechtigten von einem Tastsinn zu reden. Das Tasten setzt immer eine Empfindung voraus, die entweder durch die Mitaufsicht eines andern Sinnes oder durch die genaue Wiederholung und Abstufung einer Prüfung unterliegt. Weder das Eine noch das Andere ist im Mutterleibe möglich. Aber ohne Zweifel werden die oft sehr lebhaften Bewegungen der Leibesfrucht am häufigsten durch Hautreize veranlaßt, welche theils durch Anstoßen an die Wand der Gebärmutter, theils durch krampfhafte Zusammenziehungen der letzteren veranlaßt werden. Kußmaul erzählt einen lehrreichen Fall, in welchem durch einen ansehnlichen Blutverlust einer Schwangeren im sechsten Monat sehr heftige Bewegungen der Frucht im Mutterleibe hervorgerufen wurden, die einen ganzen Tag andauerten*). Höchst wahrscheinlich bewirkte die plötzliche Blutarmuth der Frau krampfhafte Bewegungen der muskelreichen Gebärmutterwand, und diese, einzelne Gliederchen des ungeborenen Wesens umschnürend, Hautreize und Reflexbewegungen.

Der Laie fragt, was er sich denn eigentlich

*) Kußmaul, a. a. O. S. 31.

unter diesen Reflexbewegungen zu denken habe. Die Wissenschaft hat unter diesem Namen diejenigen Bewegungen abgegrenzt, die, wie man sagt, unwillkürlich, unbewußt, oft ungewußt auf Reiz irgend eines Sinnesnerven ausgeführt werden. Es braucht sich dabei nicht etwa um Haut- oder sogenannte Tastnerven zu handeln. Die deutlichsten und lehrreichsten Beispiele gehören vielmehr anderen Sinnesnerven an. Wenn mehr Licht ins Auge dringt, — und wir brauchen diesen vermehrten Lichtzufluß gar nicht zu merken, — dann wird die Pupille verengt, und sie erweitert sich, wenn wir ins Dunkle gehen. Im ersteren Fall reizt das Licht die empfindende Netzhaut, der Sehnerv pflanzt die Reizung bis zum Vierhügel des Gehirnes fort, und hier gelangt der Reiz in bewegende Nerven, welche die Zusammenziehung bogenförmig verlaufender Muskelfasern der Regenbogenhaut bewirken, die das Sehloch oder die Pupille umkreisen. Verengerung der Pupille ist die natürliche Folge davon, und dies ist eine Reflexbewegung.

Was hier im Vierhügel oder Mittelhirn geschieht, kann im verlängerten Mark oder Nachhirn, im Rückenmark, überhaupt in den sogenannten Nervenherden geschehen. Es geschieht im Vorderhirn, wenn ein Riechstoff uns niesen macht, im verlängerten Mark, wenn wir blinzeln, so wie ein Stäubchen ins Auge

dringt, oder husten, wenn sich ein Speisetheilchen in den Kehlkopf verirrt, im Rückenmark, wenn wir im Schlaf uns kratzen, weil uns eine Mücke in den Fuß gestochen hat.

Solcher Reflexbewegungen kann man am Säugling wie am Erwachsenen unzählige hervorrufen, wenn man sich nur richtig dabei benimmt. Wenn man ein Nasenloch schwach reizt, dann schließt der Neugeborene das Auge derselben Seite, berührt man die Nasenspitze, dann kneift er beide Augen zu. Ebenso schließt er beide Augen, wenn man mit einem feinen Pinsel die Hornhaut berührt. (Genzmer.)

Streicht man ein Wimperhaar mit einem Glasstab oder bläst man sonst einige Wimperhaare an, dann schließen sich sogleich die Lieder des betreffenden Auges. (Kußmaul.)

Wenn der vordere Theil des Zungenrückens berührt wird, erfolgen Saugbewegungen; ist der Angriffspunkt die Mitte des Zungenrückens, dann heben sich die Nasenflügel und Mundwinkel, und die Augen werden zugekniffen; werden endlich die Zungenwurzel und der Schlund mechanisch gereizt, dann stellen sich Würgbewegungen ein, es hebt sich der Kehlkopf mit verschlossener Stimmritze, der Mund wird aufgesperrt, die Zunge hervorgestreckt und vermehrter Speichel abgesondert.

Auch wenn man den rothen Lippenrand kitzelt, werden Saugbewegungen hervorgerufen.

Wenn Essigsäuredämpfe oder flüchtiges Ammoniak die Nasenschleimhaut reizen, dann niesen die Kinder, oder wenn der Reiz schwächer wirkte, dann blinzeln sie und ziehen die Augenbraunen zusammen. (Kußmaul.) Dieselben Erfolge können auch durch mechanische Reizung der Nasenschleimhaut erzielt werden. (Genzmer.)

Auf Kitzeln der Handfläche umfaßt das Kind den kitzelnden Gegenstand. Kitzelt man die Fußsohle, so spreizen sich die Zehen. Bei stärkerem Reize erfolgt Bewegung des ganzen Beins, und es kann auch das andere Bein in Mitbewegung versetzt werden.

Jeder Hautreiz kann endlich am Neugeborenen eine Athembewegung auslösen.

Alle diese Dinge, die zu unsrer Zeit besonders sorgfältig von Kußmaul und Genzmer beobachtet wurden, waren im Grunde schon Cabanis bekannt, der es richtig hervorhob wie die empfindenden Haut- und Schleimhautnerven schon im Mutterleibe eine Anzahl von Reizungen erleiden müssen*).

Nur kann man aus all diesen gesetzmäßig, aber bewußtlos erfolgenden Reflexbewegungen nimmermehr folgern, daß sie mit gesonderten Tastempfindungen verbunden sind, oder gar daß der Mensch mit einer

---

*) Cabanis, a. a. O. T. I, p. 102. „Le tact est le seul de leurs sens qui leur fournisse des perceptions distinctes, vraisemblablement parceque c'est le seul qui, dans le ventre de la mère, ait déjà reçu quelque exercice.“

dunklen Vorstellung außer von ihm bestehenden, räumlich von ihm getrennten Gegenständen zur Welt käme. Wenn die im Mutterleibe wohnende Frucht überhaupt zu Vorstellungen käme, wäre es viel natürlicher anzunehmen, daß sie sich mit ihrer Behausung Eins, mit ihrer Mutter unzertrennlich verknüpft fühlte, als daß sie schiede zwischen ihrer schlummernden Persönlichkeit und dem Kerker, der ihr Leben spendet.

Der Säugling muß schon mehrere Wochen zählen, bevor sein Auge blinzelt, wenn man demselben rasch einen Gegenstand nähert, z. B. mit einem Finger darauf los fährt. Nach Soltmann leistet der Säugling das nicht vor der siebten, nach Sigmund nicht vor der vierzehnten bis sechzehnten Woche.

Den einfachsten Muskelbewegungen fehlt es noch an Maaß und Anpassung. Sie schießen, wie Genzmer richtig bemerkt, über das Ziel hinaus. Am auffälligsten giebt der Säugling dieses Schauspiel, wenn er an der Brust hin und her fährt, um die Warze zu erhaschen.

Mit allem diesem soll natürlich nicht gesagt sein, daß dem Neugeborenen die Fähigkeit abgeht, Sinnesreize zu empfinden. Aber diese Fähigkeit ist an die verschiedenen Sinne sehr verschieden vertheilt, ja einzelnen derselben sogar durch Bauverhältnisse oder Verstopfung der Sinneswege vorläufig vorenthalten.

Gesichts- und Geschmackssinn sind am besten zugerüstet. Und doch auch mit diesen tritt das Kind gleichsam schlafend in die Welt.

Der erste Tag vergeht dem Säugling im Sehschlaf; das Auge ist ohne Ausdruck*). Mir ist es vorgekommen, daß Laien, Tanten z. B., noch am dritten Tage an der Sehkraft ganz gesunder Kinderaugen zweifelten. Ritter läugnet die den Augen der Neugeborenen so häufig zugeschriebene Lichtscheu, nach ihm geschehen die Veränderungen der Pupillenweite bei Licht und Dunkel in der ersten Zeit nur äußerst langsam. Dennoch sind diese durch Reizbarkeit der Netzhaut bedingten Verengerungen und Erweiterungen des Sehlochs schon in den ersten Stunden nach der Geburt vorhanden. Und das eine Sehloch ist schon empfindlich für das Licht, das ins andere Auge dringt; wird eines der beiden Augen geschlossen, dann erweitert sich die Pupille des offengebliebenen, und diese verengt sich, wenn man jenes wieder öffnet. (Kußmaul.)

Schon in den ersten Tagen werden die Augen abwechselnd geöffnet und geschlossen. Weil aber der Neugeborene mehr schläft als wacht, so ist doch die Summe der Bilder, die sich in seinem Auge malen, noch verhältnißmäßig klein.

---

*) Cuignet, Annales d'oculistique 1871, Tome LXVI, nach dem Citat bei Genzmer.

Häufig öffnet er nur bald das eine, bald das andere Auge, und wenn er beide öffnet, so schielt er leicht, nach Cuignet häufiger mit dem linken als mit dem rechten. In den ersten Tagen kann die Bewegung auf einen der beiden Augäpfel beschränkt sein, und wenn sich beide bewegen, ist die Bewegung häufig widersinnig, das heißt wieder schielend. Rählmann und Witkow haben Cuignet's Beobachtungen bestätigt.

Aber aus diesen Beobachtungen geht schon hervor, daß in den ersten Lebenstagen die Augen nur selten auf einen Blickpunkt eingestellt werden, und noch seltner einem bewegten Leuchtkörper folgen, oder gar die Sehachsen einander schneller begegnen lassen, um sich für die Betrachtung eines näher gebrachten Gegenstandes einzurichten. Niemand wird es bezweifeln, wenn Donders erzählt, daß er es in einem Falle an einem Kinde schon wenige Minuten nach der Geburt gesehen hat. Auch Besser hat es in den ersten vierundzwanzig Stunden, Genzmer bei einem zweitägigen Kinde beobachtet*). Aber es entspricht doch besser der Regel, wenn Cuignet berichtet, daß das eigentliche Blicken, das Festhalten und Verfolgen eines erblickten Gegenstandes erst um den achten Lebenstag beginnt. Vier=

*) L. Besser, a. a. O. S. 7; Genzmer, a. a. O. S. 23.

ordt betont, daß er es an einem dreiwöchigen Kinde deutlich beobachtet hat*), und Kußmaul, der eifrige Erspäher der ersten Anfänge unsrer Sinnesthätigkeiten, sucht diesen Anfang für die in Frage stehende Verrichtung zwischen der dritten und sechsten Woche. Dabei ist bemerkenswerth, daß der mit dem Blick erfaßte Gegenstand bei den ersten Uebungen leicht wieder verloren wird, wenn der Gegenstand über zwei Meter entfernt und nach der Seite bewegt wird (Vierordt), und ein abscheuliches Schielen entsteht, wenn der Leuchtkörper auf weniger als einen Meter dem Auge nahe rückt (Cuignet).

Die frühere Begegnung der Sehachsen, behufs des deutlichen Sehens dem Auge genäherter Gegenstände, beginnt nach Genzmer erst bei Kindern von vier bis sechs Wochen. Dagegen kommt nach Cuignet diese raschere Zusammenführung der Sehachsen früher vor, um bei starken Lichteindrücken die Augen zu schützen, das heißt: vom Sehen abzuhalten. Nach Cuignet sollen die Augen des Neugeborenen nur in der Gegend des gelben Flecks empfinden, in der Umgegend des gelben Flecks noch nicht. Das rasche Zusammenführen der Sehachsen bezwecke dahier die Gegend des deutlichsten Sehens oder den gelben Fleck

*) Vierordt in Gerhardt's Handbuch der Kinderkrankheiten, zweite Auflage, Tübingen 1881, Bd. I, S. 469.

vor Blendung zu schützen; die Lichtscheu führe zum Schielen*).

Um den achten Tag sah indeß Cuignet Kinder schon Versuche anstellen, um dem erblickten Gegenstand mit den Händchen zu folgen. Dennoch schreibt er selbst den Augen im Verfolgen und Festhalten der erblickten Gegenstände erst nach dem dritten Monate volle Sicherheit zu.

Die Anpassung der Linse für die Entwerfung scharfer Bilder nahe liegender Gegenstände auf dem Augengrunde beginnt nach Genzmer schon in der dritten Woche. Vierordt giebt keine Anfangsgrenze, hat aber wohl unstreitig Recht, wenn er annimmt, diese Anpassung werde in den ersten Lebensmonaten mühsam und langsam erlernt**).

Hierher gehört eine lehrreiche Erfahrung von Aubert. Dieser fand nämlich an der Krystalllinse der Augen eines zweitägigen Kindes alle Schichten gleich stark brechend. Da nun Young gelehrt hat, wie gerade die nach dem Kerne zu wachsende Brechung der Krystallinse die Entwerfung schärferer Bildchen auf der Netzhaut bedingt***), so liegt hier für das Auge eine Thatsache vor, welche dessen geringere

---

*) Cuignet; vgl. Genzmer, a. a. O. S. 21.

**) Vierordt, a. a. O. S. 473.

***) Durch Verminderung der „sphärischen Aberration“.

Leistungsfähigkeit beim Neugeborenen zu einem Theile physikalisch erklärt.

Wenn aber die Linse physikalisch weniger leistet, die Netzhaut ihrerseits hat offenbar noch ein wenig entwickeltes Empfindungsvermögen. Genzmer fand an seinem eigenen Kinde, daß es erst im Alter von vier Monaten anfing die Farben zu unterscheiden. Als sein Knäblein den Gegenständen schon sicher mit dem Auge folgte, hielt er ihm nebst weißen rothe, blaue, braune Tücher vor, aber das Kind schenkte seine Aufmerksamkeit nur den weißen, die es sicher erkannte. Ebenso blickte es, wenn es ruhig in seinem Wägelchen lag, immer nach den weißen Gegenständen im Zimmer, nach Gypsfiguren, weißen Thüren, dem weißen Ofen, während es rothe, blaue, grüne Gegenstände, lichthungrig wie es war, ebenso wie braune, graue und schwarze vernachlässigte. Als der Knabe vier Monate alt geworden, fing er an leuchtendes Roth vor matten Farben auszuzeichnen, und dennoch zog er immer noch weiße Gegenstände vor. Die Menge des Lichts war ihm also wichtiger als dessen Beschaffenheit.

Viel ungünstiger als das Auge ist die Nase des Neugeborenen für ihre Sinnesverrichtung ausgestattet. Nicht nur daß Nasenhöhle und Geruchsspalte wenig entwickelt sind, sie sind gewöhnlich noch durch Schleim

verstopft. Trotzdem ist die Fähigkeit zu riechen vorhanden. Obwohl es Kußmaul an wachen Kindern nicht gelang es zu erweisen, glückte es ihm vortrefflich an schlafenden Neugeborenen. Ließ er bei diesen letzteren die flüchtigen Stoffe des Stinkasands in die Nase aufsteigen, dann verzogen die Kleinen das Gesicht, kniffen die Augen zu, wurden unruhig und erwachten, um nach Entfernung des Riechstoffs bald wieder einzuschlafen. Wenn Genzmer eine ähnlich riechende Flüssigkeit*) auf den oberen Rand der Oberlippe strich, so entstanden Saugbewegungen, wenn die Menge der Flüssigkeit gering war, bei größerer Menge Würgbewegungen, und dieser Erfolg wurde nicht bloß an schlafenden, sondern auch an wachenden Kindern erzielt. Auffallender Weise scheint man in diesen Versuchen das Verhalten der Neugeborenen nur mit Stinkstoffen, nicht mit Wohlgerüchen geprüft zu haben.

Und dennoch besitzt die Wissenschaft Thatsachen, die es wahrscheinlich machen, daß schon dem Neugeborenen der Geruchssinn die Dienste einer Schildwache für den Geschmackssinn leistet. Biffi und Gudden fanden nämlich, daß junge Thiere, denen man die Geruchsnerven durchschnitten hat, künstlich gefüttert werden müssen, weil sie die Zitzen der Mutter nicht mehr aufzufinden im Stande sind. Umgekehrt

*) Aqua fœtida antihysterica.

sollen blinde Säuglinge die Milch riechen. Und wenn die Brustwarze mit übel riechenden Stoffen bestrichen ist, wird sie vom Säugling verschmäht.

Man muß sich aber hüten in allen Fällen den Geruchssinn als Führer an der nährenden Quelle anzusehen. Kinder, die einige Tage an der Mutterbrust gesogen haben, lehnen oft die Warze einer Stellvertreterin ab. Allein sie saugen munter daran, wenn die Brustwarze mit einem Warzenhütchen überzogen worden, so daß hier eher der Tastsinn der Lippen als der Geruchssinn im Spiele zu sein scheint.

Wenn jedoch irgend ein Sinneswerkzeug im Augenblick der Geburt eine mangelhafte Einrichtung besitzt, so ist es das des Gehörs. Die Angabe des Fabricius von Acquapendente, daß die Trommelhöhle des Neugeborenen keine Luft enthält, hat in unseren Tagen volle Bestätigung erhalten. In der Leibesfrucht, wie bei dem Neugeborenen während der ersten Lebensstunden ist die Schleimhaut der Trommelhöhle, mit Ausnahme desjenigen Theils, der das Trommelfell überzieht, so dick, daß sie keine freie Höhle bestehen läßt. Eine starke Blutfülle ist zum Theil die Ursache dieser Schwellung, aber sie wird wesentlich bedingt durch die Wucherung des gallertigen Bindegewebes, das die Hauptlage der Schleimhaut bildet. (Tröltsch, Moldenhauer.)

Zu dieser Verstopfung der Trommelhöhle, die mit dem Trommelfell und den Gehörknöchelchen, die sie enthält, die mächtigste Vorrichtung ist, um die Schallwellen den Hörnerven zuzuleiten, gesellt sich eine übermäßige Entwicklung der Oberhaut des Trommelfells. Sie ist durch das Fruchtwasser geschwellt. Der Gehörgang ist eng und schlaffwandig, und auch die fast wagerechte Lage des Trommelfells noch weniger günstig, um die Schallwellen zu empfangen*).

Es ist also nicht zu verwundern, daß der Neugeborene, ohne taub zu sein, doch in den ersten vierundzwanzig Stunden entschieden stumpfhörig ist. Kußmaul fand, daß wachende Kinder in den ersten Lebenstagen durch sehr starke und unangenehme Geräusche nicht im Mindesten berührt wurden. Wenn dagegen Feldbausch bezeugt, daß schlafende Kinder im Bett zusammenfuhren, wenn bei tiefer Stille des Zimmers die Hände unter dem Bett zusammengeschlagen wurden, so beweist dies, daß die Kleinen keinenfalls taub sind, was auch Kußmaul nicht glaubt, aber es wäre wissenswerth, wie alt die Kinder waren, an denen Feldbausch seine Erfahrungen machte. Genzmer hat nämlich ermittelt, daß schon in den ersten Wochen die Hörschärfe sich merklich verfeinert. Das eigentliche Lauschen beginnt jedoch erst im vierten Monat; um

*) Vgl. Vierordt, a. a. O. S. 467.

diese Zeit sah Vierordt die Kinder anfangen den Kopf nach der Schallquelle zu drehen. Wie Erwachsene sind übrigens die Neugeborenen für hohe Töne empfindlicher als für tiefe.

Anders als Gehör- und Geruchssinn verhält sich der Geschmackssinn. Man darf sagen, daß der Säugling eine feine Zunge mit zur Welt bringt.

Dies gilt zunächst in dem einfachen Sinne, daß die Zunge des Neugeborenen mit einer feinen Zellenlage*) überzogen ist, welche die in der Milch gelösten Schmeckstoffe rasch zu den Nervenendigungen vordringen läßt, sodann aber auch, weil die Zahl dieser Nervenendigungen in den Geschmackswärzchen, in welchen sie in Zellenbechern enthalten sind, beim Neugeborenen größer ist als beim Erwachsenen.

Zucker, Chinin, Weinsäure, Kochsalz werden allem Anschein nach von Neugeborenen ebenso geschmeckt wie von Erwachsenen. In der Regel wird Zucker, selbst von Kindern, die eben erst geboren waren, behaglich gekostet, während Chininlösung auf ihre Zunge gebracht Zeichen des Widerwillens, und bei größeren Gaben auch Würgen hervorruft. Und daß die Weinsäure, wenn sie dem Kinde Zeichen des Mißbehagens entlockt, wirklich auf die Geschmacks-

*) Pflasterepithel.

nerven wirkte, wurde dadurch ermittelt, daß das Mißfallen nur dann sich äußerte, wenn die Säure mit schmeckfähigen Zungengegenden in Berührung kam, wenn z. B. der Weinsäurekrystall mit seiner Spitze die Zungenränder berührte, nicht dagegen, wenn er der Mitte des Zungenrückens aufgesetzt ward, welche nach Stich's Versuchen Geschmacksreize nicht empfindet. (Kußmaul.)

Die Darreichung des Zuckers rief gewöhnlich Saugbewegungen hervor, ja in einem Falle, bei einem viertägigen, kräftigen Knaben, schien es Kußmaul, als wenn der Zuckergenuß „die Erinnerung an einen „früheren Genuß und die Begierde nach Nahrung „wachgerufen hätte“, da das Kind unter dem Eindruck der süßen Lösung unruhig ward und die Mutterbrust suchte. Aber derselbe Knabe ward auch durch fünf Tropfen einer vierprozentigen Chininlösung, die natürlich einem Erwachsenen sehr bitter schmeckte, nur zu Saugbewegungen veranlaßt, und ließ sich auch eine ausgesprochen saure Lösung von Weinsäure gefallen. Hier fehlte also die Unterscheidungsfähigkeit noch, und obwohl Kußmaul die Geschichte dieses viertägigen Knaben erzählt, um auf die persönlich verschiedene Empfänglichkeit verschiedener Kinder aufmerksam zu machen, ist er doch unbefangen genug gleich darauf zu berichten, daß „zuweilen die Kinder auf Zucker

mit dem mimischen Ausdruck des Bitteren antworteten"*).

Kußmaul glaubt, daß manchmal die Ueberraschung an diesem Gebahren Schuld gehabt habe, indem die Kinder nur bei der ersten Bepinselung ihrer Zunge mit Zuckerlösung das Gesicht verzogen, die folgenden Male dagegen Wohlgefallen verriethen. Andere Male habe sich der Widerwille gezeigt, wenn kurz nach Chinindarreichung die Zuckerlösung geboten wurde. Dies aber stimme mit den Erfahrungen überein, die jeder Erwachsene an sich selber machen könne, daß nach stattgefundener Reizung mit einem sehr bittern Stoff jeder bald nachfolgende Geschmacksreiz anderer Art, also auch der des Zuckers, den bitteren Geschmack aufs Neue erweckt. Kußmaul's Deutungen mögen richtig sein, vielleicht sind aber die letztgenannten Beobachtungen noch einfacher zu erklären, insofern nach Horn und Pecht selbst der Zucker eine bittere Geschmacksempfindung hervorrufen soll, wenn er auf die hinteren Zungenwärzchen**) einwirkt. Aber durch alle diese Erwägungen wird die Gleichgültigkeit jenes viertägigen Knaben für bittere, süße und saure Schmeckstoffe nicht umgestoßen. Genzmer, der am ersten Tage wie in der sechsten Woche von einem

*) Kußmaul, a. a. O. S. 18.

**) Umwallte Zungenwärzchen, papillae circumvallatae.

gescheidt aussehenden Mädchen ohne Mißbehagen eine fünfprozentige Chininlösung saugen sah, ist der Meinung, daß das Süße und Bittere beim Neugeborenen zunächst nur unbewußte Reflexbewegungen auslöse, für welche wiederum die Menge des Schmeckstoffs wichtiger sei als dessen Art, und daß erst nach wiederholter Uebung eine eigentliche Geschmacksempfindung zu Stande komme. Schwache Reize der Geschmacksnerven erzeugen Saugbewegungen, durch starke Geschmacksreize werden Würgbewegungen ausgelöst. (Genzmer.)

Also das Kind, das eben dem Mutterschooße entschlüpft ist, fühlt ohne zu tasten, schmeckt ohne zu kosten, es sieht ohne zu schauen, hört ohne zu horchen, riecht ohne zu spüren.

Und in der letzten Zeit des Fruchtlebens ist die Fähigkeit der Sinne noch weniger entwickelt.

Kinder, die im siebten Monat geboren wurden, ergeben auf Haut- und Schleimhautreize weniger Reflexbewegungen; man kann sie mit feinen Nadeln in den empfindlichsten Theilen, wie Nase, Oberlippe oder Hand, bis aufs Blut stechen, ohne daß sie zucken oder Schmerz klagen; sie ertragen Luftmangel bis zur Dauer einer halben Minute ohne unruhig zu werden; sie bleiben von Gerüchen unberührt; sie halten die Augen meist geschlossen und sind schläfrig. (Kußmaul, Genzmer.)

Trotzdem spielt, wenigstens bei Kindern, die im achten Monate geboren wurden, die Pupille unter wechselnden Lichteindrücken. Und Siebenmonatskinder haben die Geschmacksempfindung für Zucker und Chinin so gut entwickelt wie reife Neugeborene.

Noch im Mutterleib schreitet die Ausbildung und Bildungsfähigkeit der Sinnesorgane fort. Achtmonatliche Früchte werden durch Riechstoffe gereizt. Gut entwickelte Neugeborene sind gegen Nadelstiche etwas empfindlicher als zu frühe geborene Kinder; sie können durch Geruchseindrücke zum Schreien gebracht werden.

Es ist also der in den letzten Wochen des Verweilens im Mutterleib fortschreitenden Entwicklung Rechnung zu tragen. Aber die Entwicklung, welche die Uebung nach der Geburt mit sich bringt, fällt weit mehr in die Augen.

Schon eine Woche nach der Geburt läßt sich der Säugling nicht mehr so leicht durch einen in den Mund gesteckten Finger abspeisen, wie das in den allerersten Lebenstagen möglich war. Die Empfindlichkeit für Nadelstiche nimmt schon in der ersten Woche merklich zu; ja nach einigen Wochen bewirken sie, daß die Kinder den Mund verziehen, wie wenn sie eine bewußte Schmerzempfindung hätten, ohne daß an dem gestochenen Theile, dem Füßchen z. B., eine Reflexbewegung erfolgt. Bei vielen Neugeborenen

verfeinert sich der Geschmack schon im Verlauf der ersten Lebenswoche. Die Gehörschärfe wächst in den ersten drei bis vier Wochen um das Vier- bis Neunfache. (Genzmer.) Wie der Neugeborene allmälig die Augen gebrauchen lernt, wurde schon oben erwähnt.

Offenbar muß diese Uebung jedem sinnlichen Urtheil, jeder Abschätzung der Empfindungen, jedem Bezug der einen auf die andere vorangehen.

Wenn auch schon am Ende des zweiten Monates das Kind nach unerreichbaren Gegenständen die Aermchen ausbreitet, ein Ergreifen des Erreichbaren stellt sich erst im vierten Monat ein. (Vierordt.)

Im dritten Monat erkennt das Kind seine Mutter und zwar auch an der Stimme, aber es erkennt keine Fremden. Die meisten Eltern haben an ihrem Erstling die Täuschung erlebt, daß sie ihn für nicht schüchtern hielten und triumphirten, weil ihr Kind den Liebkosungen der Besucher des Hauses zugänglich war. Etwas später mußten sie sich darein finden, daß dies noch eine tiefere Entwicklungsstufe ihres Goldkindes gewesen.

Mit dem Erkennen der Mutter hebt das Gemüthsleben im Säugling an. Wenn auch schon im zweiten Monate wonnige Stimmtönchen vernommen werden, man wird es doch, Ausnahmen vorbehalten, unserm Altmeister Hippokrates zugeben müssen, daß vor dem vierzigsten Tage der Säugling nicht eigentlich

lacht. Das Weinen, nicht bloß die reflektorische Thränenabsonderung, scheint dem Lachen voranzugehen.

Erst bewußtlos lallend, dann mit Bewußtsein nachahmend, mehr durch das Gehör und durch das Muskelgefühl als durch das Absehen der Mundbewegungen geleitet, lernt das Kind im zweiten Jahre sprechen. Und nun wachsen allmälig die Begriffe seinem Gehirnlein ein, nachdem sie den größten Theil des ersten Jahres nur um Gemüthsbewegungen flatterten. Und jedes genau beobachtete Kind liefert Beispiele davon, daß es Begriffe selber schafft. Mein ältestes Söhnlein nannte längere Zeit hindurch alle Gewürze, auch Senf und Zimmt, mit dem Namen Pfeffer. Mein ältestes Töchterchen nannte das Klavierspielen Klavieren, und hatte sich also ohne Grammatik die Zusammengehörigkeit von Haupt- und Zeitwort klar gemacht.

Aber alle diese Begriffe entwachsen der Sinnenwelt. Sie sind so sehr durch diese beherrscht, daß selbst im Traume keine Bilder auftauchen, die nicht am Tage faßbar und sichtbar gegeben waren. Als mein ältestes Söhnchen von seinem ersten Nachtalp erzählte, war es sein Schaukelpferd, das nicht müde geworden war, mit ihm um den Tisch zu reiten, und der kleine Mensch war noch ganz aufgeregt bei seinem Bericht, wie von etwas wirklich Erlebten, so daß er sein Pferdchen nicht ansehen mochte.

Nun aber sind Schauen und Horchen, Kosten, Tasten und Spüren erwacht. Und Niemand kann dem Urtheilen, Vergleichen und Begreifen mehr folgen, am wenigsten das Kind selbst, das nicht bewußt darüber steht, in dem sich vielmehr aus jenem angeregten unersättlichen Sinnesleben das Bewußtsein erst allmälig entwickelt, zu dem sich das, was man Seele nennt, ganz unvermerkt, von außen kommend, von innen empfangen, herbeischleicht.

Im dritten Jahre blitzen Schlüsse auf. Das Kind, das lachen und weinen, gehen und greifen, sehen und erkennen gelernt hat, hat auch die Vernunft erworben, es beginnt zu schließen. „Ach Papa! was hast Du da?“ fragte mich bestürzt mein dritthalb Jahr altes Mädchen, als sie morgens im Bett meine rechte Brustwarze gewahrte, und gleich darauf auch die linke erblickend: „O Papa! es thut nichts, Du hast es hier auch.“ Und wenige Monate später, immer noch innerhalb des dritten Jahres, bekam dieselbe von ihrer Mutter, wegen der Gewohnheit immer den Kamm abzunehmen, um ihn bald hier, bald da zu verlegen, einen Verweis mit den Worten: „Mariechen, wenn Du aber immer Deinen Kamm absteckst und herumfahren lässest, dann bist Du mein Mariechen nicht!“ Und flugs dreht sich die Kleine um, zeigt auf ein Lichtbildchen, das sie ohne Kamm vorstellt, und sagt:

„Da ist dein Mariechen, und hat doch keinen Kamm auf."

Ich habe seitdem viel darauf geachtet, und bin zur Ueberzeugung gekommen, daß eigentliche Schlußfolgerungen sich in der Regel erst in der zweiten Hälfte des dritten Lebensjahres einstellen.

Und dies alles hat sich langsam an der Hand der Sinne entwickelt, und diese Hand selbst war vorher bei jeder Regung der Ausbildung bedürftig. Sie hat es aber fertig gebracht, dem Hirn die Seele einzuleben.

Ein anderer Forscher mag für mich das Wort ergreifen, da er es deutlich ausspricht, was ich mit diesem Ausflug in die Entwicklung des Neugeborenen erweisen wollte. „Das Neugeborene", sagt Besser, „empfindet in unserm Sinne nicht, es hat kein Gefühl „wie wir, es vermag nicht, sich etwas vorzustellen. „Wer beobachten will, sieht das, was wir Empfindung „zu nennen uns gewöhnt haben, langsam, ganz lang„sam, in der Zeit von Jahren wachsen und allmälig „entstehen". . . . „Das angeblich seelische Gebahren „im Neugeborenen . . . ist für reflectorisches Geschehen „der in nachweisbarer Neubildung begriffenen ner„vösen Central-Organe zu halten."[1])

---

*) Besser, a. a. O. S. 9 und 10.

Wenn aber das Beseelen des Säuglings Zeit erfordert und nur auf sinnlichem Wege zu Stande kommt, alles Geschehen im Leben des Erwachsenen, mag es sich dabei um die Ausführung einer Bewegung, das Zustandekommen einer Empfindung oder um Erscheinungen der Gedankenwelt handeln, liefert uns den Schlüssel zu jenen zeitlichen Schranken.

Nur hat es lange gedauert, bevor man die Zeitdauer dieser Vorgänge messen lernte, obgleich Albrecht von Haller schon der Thatsache auf der Spur war, daß es sich dabei nicht um unabsehbare Geschwindigkeiten handelt.

Weil der berühmte Berliner Forscher Johannes Müller an solch unabsehbare Geschwindigkeit glaubte, zweifelte er an der Möglichkeit, daß wir je die Mittel gewinnen sollten, die Geschwindigkeit der Nervenwirkung zu ermessen.*) Glücklicherweise hat uns indessen Johannes Müller die betreffende Erkenntniß nicht versagt, und es hätte ihn deshalb kein unbehagliches

---

*) „Alle Versuche" — so konnte Johannes Müller damals schreiben —, „alle Versuche, die Schnelligkeit dieser Wirkung „zu messen, beruhen auf keiner erfahrungsmäßigen sichern Basis. „. . . . Wir werden wohl auch nie die Mittel gewinnen, die Geschwindigkeit der Nervenwirkung zu ermitteln, da uns die Vergleichung ungeheurer Entfernungen fehlt, aus der die Schnelligkeit einer dem Nerven in dieser Hinsicht analogen Wirkung des „Lichts berechnet werden kann." Johannes Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. 1844, Bd. I, S. 581.

Staunen zu ergreifen brauchen, wenn er es erlebt hätte, daß kein Vierteljahrhundert, seitdem er jene Worte schrieb, verstreichen würde, bevor die von ihm selber beflügelte rastlose Forschung die Aufgabe, die er zwar nicht für unlösbar erklärte, aber deren Lösbarkeit er bezweifelte, in befriedigender Weise gelöst haben würde. Die Losung war: nicht verzagen! nicht glauben an eine unübersteigbare Schranke, sondern überzeugt sein, daß der Mensch das Maaß aller Dinge ist und ihm der Weg zur Selbsterkenntniß offen steht, wenn er sich nur entschließt Maaß anzulegen.

Indessen Müller's Zweifel waren damals wohl begreiflich. Blitzschnell galt der Menschheit ihr Gedanke, ein Augenblick war ihr das Maaß der kleinsten Zeitspanne, und eine Willensthat sollte an Schnelligkeit den Gedankenblitz erreichen können. Wie sollte es möglich sein, auf den kurzen Wegen, welche ein Empfindungsreiz durcheilt, wenn er vom Ohr zum Hirn dringt, oder ein Willenstrieb, wenn er vom Hirn zu den Muskeln geht, solche Geschwindigkeit messend zu ereilen?

Seltsam genug, an einem der größten Forscher, an einem Entdecker, der so früh dahinschied, daß er kein übermäßiges Alter zu erreichen gebraucht hätte, um an den betreffenden Arbeiten selber Theil zu nehmen, sollte sich bewähren, was er doch an sich selbst

erfahren hatte, daß es nur darauf ankommt, das Vorausgesetzte, nicht weil es allgemein angenommen wird, auch für wahr zu halten, damit die scheinbar größten Räthsel gelöst werden.

Die Voraussetzung bestand hier eben darin, daß Gedanke, Empfindung, Muskelbewegung mit einer Schnelligkeit erfolgen sollten, welche an die des Lichts oder gar an die der Elektricität gemahnte. Allein sowie man wirklich maß, und schon Haller hatte es versucht, zeigte sich jene Voraussetzung als irrig, und seitdem hat sich des Menschen Wahn von seiner Gedankenschnelligkeit in gemessene Grenzen bequemt, für welche uns die Selbsterkenntniß tröstenden Ersatz gewährt.

Immerhin galt es kleine Zeiträume messen zu können, nicht weil die Geschwindigkeit so groß, sondern weil die Wege, die durchlaufen werden, so klein sind. Das Mittel dazu hatte Pouillet entdeckt. Es folgt nämlich aus der durch ihn bekannt gewordenen Thatsache, daß ein elektrischer Strom in ganz kurzer Zeit eine sichtbare Wirkung erzeugt, deren Größe in gleichem Verhältniß mit der Dauer des Stromes wächst. Die sichtbare Wirkung besteht aber darin, daß ein elektrischer Strom, der eine Magnetnadel in Ebenen, die zu ihrer Ruhelage mehr oder weniger parallel sind, umkreist, diese Nadel ablenkt, so daß sie einer zu ihrer ursprünglichen Lage

senkrechten Richtung zustrebt. Bleibt der Strom dauernd geschlossen, dann nimmt die Nadel eine neue feste Stellung ein, die sich als ihre bleibende Ablenkung ergiebt; ist aber der Strom schwach und dauert sein Schluß nur sehr kurze Zeit, dann erhält die Nadel bloß einen Antrieb, weicht um eine mit der Dauer des Stromschlusses im Verhältniß wachsende Winkelgröße von ihrer Ruhestellung, beziehungsweise dem Nullpunkt ab, und kehrt, so wie der Strom geöffnet wird, durch den Erdmagnetismus bestimmt, zum Nullpunkt zurück. Da nun — und dies ist Pouillet's Entdeckung — die Winkelgröße der Ablenkung mit der Dauer des Stromschlusses, so lange es sich um kleine Ablenkungen handelt, in stetigem Verhältniß wächst, so läuft die Aufgabe darauf hinaus, zu sorgen, daß beim Beginn eines Vorgangs der nadelablenkende Strom geschlossen, am Ende des Vorgangs dagegen wieder geöffnet werde. Dann haben wir den elektrischen Strom, der als Zeitüberwinder so Mächtiges leistet, auch in einen zuverlässigen Zeitmesser verwandelt, und zwar für Zeiträume, welche nur kleine Bruchtheile einer Secunde betragen.

Pouillet selbst hat den Gedanken, der solchen Messungen zu Grunde liegt, darauf angewandt, die Geschwindigkeit der Kugel im Flintenlauf zu bestimmen. Der zeitmessende Strom wurde in dem Augenblick

geschlossen, in welchem der Hahn auf das Zündhütchen niederfiel, und geöffnet, indem ein dicht vor der Flintenmündung ausgespannter Draht, der zu der Strombahn gehörte, von der ausfahrenden Kugel zerrissen ward. Die Nadelablenkung ergab die Stromdauer, denn es war vorher ermittelt, welchem Bruchtheil der Zeit jede Nadelablenkung entsprach und somit bestimmte diese auch die Zeit, in welcher die Kugel den Flintenlauf durcheilt hatte.

Diese Untersuchung war das Vorbild für die Bestimmung der Zeit, welche die Fortpflanzung des bewegungvermittelnden Vorgangs im Nerven in Anspruch nimmt.

Helmholtz, der in diesen Studien die Bahn gebrochen, sorgte dafür, daß in dem Augenblick, in welchem der zu einem Muskel gehende Nerv gereizt wurde, der zeitmessende Strom geschlossen ward, und daß der Muskel selbst bei seiner Zusammenziehung eine metallische, d. h. leitende Berührung aufhob und dadurch den Stromkreis öffnete. In den Stromkreis war, wie bei Pouillet's Versuchen eine von dem Strom zu umkreisende Magnetnadel, ein Galvanometer, eingeschaltet, und die Ablenkung dieser Nadel maß die Zeit, während welcher der Stromschluß gedauert hatte, also die Zeit, welche zwischen dem Erregungsvorgang und der Muskelverkürzung verflossen war.

Schon die Kenntniß dieser Zeit war offenbar von Belang. Aber es war bei der Untersuchung auf etwas Anderes abgesehen. Es galt zu wissen, in welcher Zeit eine Nervenstrecke von bekannter Länge von dem bewegungvermittelnden Vorgang durchflossen würde.

In aller Reinheit ließen sich die dazu erforderlichen Versuche an den ihre Auslösung aus dem Körper lange überlebenden Nerven und Muskeln des von Swammerdam der Naturlehre geweihten Frosches ausführen. Zu einer zweckentsprechenden Zeitbestimmung waren nämlich jedes Mal drei Versuche nöthig. Man reizt den Nerv zuerst an einer vom Muskel möglichst entfernten, dann an einer möglichst nahe gelegenen Stelle, und zuletzt ein drittes Mal wieder an derselben Stelle, mit der man angefangen hatte. So erhält man drei Geschwindigkeitsmessungen, und indem man aus der ersten und dritten das Mittel berechnet, beseitigt man die Unterschiede, welche die Veränderungen bedingen konnten, die der aus dem Körper gelöste Nerv und vielleicht auch der Muskel zwischen der ersten und zweiten Messung, durch Ermüdung, Erkalten, Austrocknen, chemische und andere Einflüsse erlitten haben mochte. Da die dritte Messung mit der Wirkung solcher Einflüsse in erhöhtem Maaße behaftet sein mußte, so war offenbar das Mittel aus der ersten

und dritten Messung mit dem unmittelbaren Ergebniß der zweiten nach Möglichkeit vergleichbar.

Man kannte nun die Zeit, die verstrich, wenn der Vorgang im Nerven eine längere und ebenso die, welche dahin ging, wenn er eine kürzere Strecke des Nerven zu durchfließen hatte. Da man die erstere regelmäßig und in bestimmtem Verhältniß größer fand als die letztere, so brauchte man offenbar nur diese von jener abzuziehen, und die zwischen den beiden gereizten Stellen liegende Nervenstrecke zu messen, um die Zeit zu erfahren, welche die Fortpflanzung im Nerven von der dem Muskel ferner liegenden gereizten Stelle zur näher liegenden verbrauchte.

Nach diesem Verfahren berechnete Helmholtz, daß in den bewegenden Froschnerven der Erregungsvorgang mit einer mittleren Geschwindigkeit von 26,4 Meter in der Secunde sich fortpflanzt. Hiernach würde eine Strecke des Froschnerven von 3 Centimeter Länge in 11 Zehntausendsteln einer Secunde vom Erregungsvorgang durchmessen.

Die Geschwindigkeit der Nervenleitung, wie wir die Fortpflanzung des Erregungsvorgangs im Nerven nennen können, wurde demnach aus dem Unterschied zwischen zwei unmittelbar beobachteten Geschwindigkeiten berechnet, ähnlich wie Pouillet die Geschwindigkeit der Flintenkugel in der Luft dadurch ermittelte,

daß er die für den Durchgang durch den Flintenlauf gefundene Zeit von derjenigen abzog, die er beobachtete, als statt des Draths dicht vor der Mündung der Flinte in beliebiger Entfernung von dieser Mündung ein Drathnetz ausgespannt war, welches die Kugel zerriß, so daß der leitende Stromkreis durchbrochen, mithin der messende Strom aufgehoben ward.

Aber Helmholtz hat sich nicht auf das Pouillet'sche Verfahren beschränkt, um die Geschwindigkeit der Leitung in Bewegungsnerven zu bestimmen. Es war ihm darum zu thun, den ganzen Vorgang der Muskelverkürzung zu versinnlichen, indem er ihn vom Muskel selbst aufschreiben ließ. Dies war durch eine Schreibweise ermöglicht, deren sich seit längerer Zeit die Wissenschaft bediente, um Veränderungen sichtbar und meßbar zu machen, deren einzelnen Stufen das Auge ohne solche Hülfsmittel nicht zu folgen vermöchte. Die Schreibweise besteht darin, daß man mit Hülfe einer geeigneten Zwischenvorrichtung den Stufenwechsel, z. B. die Höheschwankungen einer Flüssigkeit, auf einen zeichnenden Stift überträgt. Wenn ein solcher Stift an einer sich drehenden berußten Walze vorbei streift, schreibt er eine Linie, welche, wenn der Reizanstoß ein einziger, augenblicklicher war, den ganzen Hergang der Zusammenziehung und Erschlaffung des Muskels in allen ihren einzelnen Wechselzuständen verzeichnet.

Man muß natürlich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walze kennen und sich darauf verlassen können, daß dieselbe gleichmäßig ist, um aus dem Verhältniß der gezeichneten krummen Linie oder eines Theils derselben zum Walzenumfang die Zeit, die das Aufzeichnen in Anspruch nahm, zu berechnen.

Wirkt nun der Reiz unmittelbar auf den Muskel selbst und ist durch die Anordnung der Werkzeuge dafür gesorgt, daß der Augenblick, in welchem der Reiz einwirkt, verzeichnet wird, dann erkennt man an der gezeichneten Linie, daß der Muskel nicht in demselben Augenblick, in dem ihn die Reizung trifft, seine Verkürzung beginnt. Der Reiz ist elektrisch, der zeichnende Stift mit einer Hebelvorrichtung verbunden, welche der sich verkürzende Muskel bewegt, und zwischen dem Augenblick des Reizes und dem, in welchem der Muskel seine Verkürzung beginnt, verstreicht durchschnittlich ein Hundertstel Secunde, die Zeit der sogenannten verborgenen Reizung.

Und wenn man, statt den Muskel unmittelbar zu reizen, seinen Nerven reizt, das eine Mal in der Nähe, das andere Mal in möglichst großer Entfernung vom Muskel, dann gewahrt man, daß die Verkürzung des letzteren das erste Mal früher anhub als das zweite Mal, und man gelangt durch den unmittelbar zu messenden Unterschied zwischen der Länge zweier

Linien zur Erkenntniß der Zeit, die verfließen mußte, damit der Erregungsvorgang im Nerven von der dem Muskel ferneren zur näheren Strecke fortschritt.

Bei dieser Versuchsweise traf Helmholtz die Geschwindigkeit gleich 27,25 Meter in der Secunde, so daß man als runde Zahl 27 Meter Secundengeschwindigkeit gelten läßt.

Siebenundzwanzig Meter in einer Secunde? Das ist eine kleine Zahl, wenn man bedenkt, daß der Schall in der Luft 12 Mal, im Wasser 53 und im Eisen 129 Mal so schnell sich fortpflanzt. Jedem steigt also die Frage auf, ob nicht etwa der Frosch sich eben durch jene kleine Geschwindigkeit seiner Nervenleitung als Frosch ausweist, ob man nicht beim Menschen ganz andere Zahlen zu erwarten hat.

Des Menschen Nerven und Muskeln kann man nicht wie jene des Frosches aus dem Leib ausschälen, und wenn man es könnte, würde man mit dem Uebelstand zu kämpfen haben, daß Muskeln und Nerven des Menschen, aus dem Zusammenhang des Körpers gelöst, dem Blutkreislauf entzogen, nicht so zähe überlebend sind wie die des Frosches, der ja gerade durch die Nachdauer der Lebenseigenschaften seiner Theile dem Naturforscher so unentbehrlich geworden ist wie Wage und Magnetnadel.

Um die Leitungsgeschwindigkeit in den Bewegungs-

nerven des Menschen zu ermitteln, mußte also ein anderer Weg eingeschlagen werden. Es galt einen Nerven zu benützen, welcher in einer hinlänglich langen Strecke oberflächlich genug verläuft, um in verschiedener Entfernung von den Muskeln, die er versorgt, gereizt zu werden, und von den in Folge dieser Reizung bei der Zusammenziehung sich verdickenden Muskeln ihre Zuckung aufschreiben zu lassen. Ein solcher Nerv ist der Mittelarmnerv*), der das eine Mal am Oberarm, das andere Mal in der Nähe des Handgelenks gereizt wurde; die von ihm versorgten Muskeln, die ihre eigene Verdickung aufschrieben, waren die des Daumenballens**). Um störende Armbewegungen zu verhüten war der Arm mit Gyps umgossen, der nur für die Zuleiter des elektrischen Reizes an den soeben bezeichneten Stellen geeignete Lücken enthielt. Wurde nun an der ferneren Stelle gereizt, so wurde die Muskelzuckung später aufgeschrieben, als wenn die Reizung in der Nähe der Muskeln geschah. Mit diesem Verfahren ermittelten Helmholtz und Baxt für die Leitung in den Muskelnerven des Menschen eine Geschwindigkeit von 34 Meter in der Secunde.

---

*) Nervus medianus.

**) Der kurze Abzieher des Daumens, Musculus abductor pollicis brevis, der Gegensteller des Daumens, Musculus opponens pollicis, und der kurze Beuger des Daumens, Musculus flexor pollicis brevis.

Diese Zahl übertrifft aber die am Frosche gefundene nur um etwa ein Viertel ihrer Größe.

Mit der Geschwindigkeit der Leitung des Erregungsvorgangs im menschlichen Bewegungsnerven stimmt nun die in unseren Empfindungsnerven auf befriedigende Weise überein, und das Befriedigende dieser Thatsache liegt darin, daß alles darauf hinweist, daß zwischen den Nervenfasern der Bewegungs- und denen der Empfindungsnerven auf ihrer Bahn zwischen den Nervenherden (Hirn und Rückenmark) und ihrer Endausbreitung in Muskeln und Sinnesorganen überhaupt kein wesentlicher Unterschied besteht. Sie sind gewissermaßen gleichgültige Leiter zwischen den empfindenden Oberflächen und dem Hirn, wie zwischen diesem und den Muskeln, und die außerordentlich verschiedene Wirkung, welche sie vermitteln, hat ihren Grund in der verschiedenen Ursprungs- und Endigungsweise, etwa wie dieselbe Luft dasselbe Wort vom Redner zum Hörer leitet, aber je nach den Personen, die sprechen und hören, die mannigfaltigsten Erfolge vermitteln kann.

In den Empfindungsnerven des Menschen ist nun aber die Geschwindigkeit der Nervenleitung nur auf mittelbarem Wege zu bestimmen. Man ist nämlich darauf angewiesen, die Zeit, welche zwischen der Anwendung eines Hautreizes und dem Augenblick, in welchem die Wahrnehmung dieses Reizes von der Hand

zu erkennen gegeben wird, zu messen, und unter der Annahme, daß die Fortleitung des Reizes, seine Empfindung, seine Wahrnehmung, die Bestimmung und Ausführung des Willens in gleichmäßiger Weise vermittelst derselben Hand stattfinden, hat man vergleichende Messungen angestellt, indem man das eine Mal eine dem Gehirne nähere, das andere Mal eine fernliegende Hautstelle reizte. Unter der Voraussetzung, daß alles Uebrige gleich geblieben, und nur der Weg, den der Erregungsvorgang in den Empfindungsnerven zu durchlaufen hatte, verschieden lang war, kann man die längere Dauer, die der längere Weg für den ganzen Vorgang in Anspruch nimmt, eben mit der Weglänge in Zusammenhang bringen, und aus dem Zeitunterschied, den die Einschließung des längeren und des kürzeren Wegs in dem ganzen Vorgang ergeben, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven bestimmen.

Sehr brauchbare Untersuchungen sind in dieser Richtung mit dem Schreibverfahren ausgeführt worden. Es wurde mittelst eines Hebels auf einer berußten Walze eine gerade Linie verzeichnet, die im Augenblick der Reizung plötzlich sich selber parallel verschoben wird, dann aber sich gerade fortsetzt, bis der Beobachter im Augenblicke, in dem er den Reiz gewahr wird, die Linie zu ihrer ursprünglichen Lage zurückführt. Dies

gelingt ihm mittelst einer elektromagnetischen Vorrichtung, deren Magnet im Augenblick der Reizung durch Unterbrechung des elektrischen Stroms die Anziehungskraft verlor, welche den Schreibhebel hob, um sie im Augenblick der Wahrnehmung des Reizes durch die vom Beobachter erneute Schließung des Stroms wiederzugewinnen, wodurch der vom wiederhergestellten Magneten angezogene Schreibhebel plötzlich wieder in die Höhe geht. Da der zwischen dem Augenblick der Reizung und dem der Wahrnehmung vom Schreibhebel gezeichnete Theil der Linie eine genau begrenzte tiefere Lage hat als der übrige Verlauf derselben, so kann man ihre Länge messen. Und da wiederum durch eine elektromagnetische Vorrichtung, die mittelst eines stromschließenden Pendels abwechselnd eine Secunde lang magnetisch und während einer anderen Secunde unmagnetisch gemacht wurde, ein anderer Schreibhebel, der vom Magneten jener Vorrichtung eine Secunde lang abwechselnd angezogen und losgelassen wurde, eine in Secunden eingetheilte gebrochene Linie schrieb, so ward parallel der Maaßlinie eine Zeitlinie verzeichnet, die es gestattet, die Länge der Linie, die der Zwischenzeit zwischen Reiz und Wahrnehmung entspricht, auf Bruchtheile einer Secunde zurückzuführen. Diese Schreibweise ist die von Krille in die Sternwarten eingeführte, und sie ward zuerst von Rudolf Schelske

für die Untersuchung der Leitungsgeschwindigkeit in menschlichen Empfindungsnerven verwerthet*).

Indessen vor Schelske hatte Adolf Hirsch, der Sternkundige von Neuchatel in der Schweiz, die betreffenden Messungen mit dem besten Erfolg nach einem anderen Versuchsplan ausgeführt, und es ist keine kleine Gewähr für den Werth der von ihm ermittelten Zahlen, daß sie zunächst mit der von Helmholtz und Baxt für menschliche Bewegungsnerven ermittelten übereinstimmt, sodann aber mit den Maaßen, die Schelske seinerseits für menschliche Empfindungsnerven verzeichnet hat.

Hirsch benützte zu seinen Forschungen den von Hipp erbauten Zeitgucker**). Dieses vortreffliche Meßwerkzeug ist im Wesentlichen ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, welches statt durch ein Pendel durch eine schwingende Feder geregelt wird. Es ist an dieser Uhr ein doppeltes Zifferblatt angebracht. Der Zeiger des unteren Zifferblatts zeigt Zehntel, der des oberen Tausendstel Secunde. Diese Zeiger sind aber von dem Haupträderwerk der Uhr unabhängig.

*) Rudolf Schelske, Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven, in Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv für Anatomie und Physiologie. 1864, S. 153—159.

**) Chronoskop. — Hipp's Chronoskop ist von Hirsch beschrieben in Moleschott's Untersuchungen, Bd. IX, S. 187—191.

Sie können nämlich mittelst eines Elektromagneten in ihrer Bewegung angehalten, beziehungsweise durch Unterbrechung eines elektrischen Stromes, der den Magnetismus des hemmenden Eisenstücks aufhebt, in Bewegung versetzt werden. Man mißt mit Hülfe von Hipp's Zeitgucker die Tausendstel Secunde, die zwischen der Oeffnung und der Schließung eines elektrischen Stroms vergehen. Ordnet man also den Versuch in der Weise, daß der den Gang der Zeiger hemmende Strom im Augenblick des Reizes geöffnet, im Augenblick der Wahrnehmung dieses Reizes geschlossen wird, so ist die Messung erfolgt.

Hirsch erhielt nun mit Hülfe des Hipp'schen Zeitguckers, indem er bald an der Hand, bald am Fuß reizte, für die menschlichen Nerven eine Leitungsgeschwindigkeit von 34 Meter in der Secunde. Schelske, der sich, wie gesagt, des Schreibverfahrens bediente, erhielt in einem Falle, in welchem er das eine Mal am vorderen Fußrücken, das andere Mal am Halse dicht unter dem Ohre reizte, die Geschwindigkeit gleich 33 Meter.

Da nun, wenn man an irgend einer Stelle des Beines reizt, das ganze Rückenmark von dem Erregungsvorgang durchflossen wird, so entsteht die Frage, ob nicht in diesem Nervenherd, der im Vergleich zu den Nerven einen so verwickelten Bau besitzt, eine andere

Geschwindigkeit eintritt als in den leitenden Nerven. In der That ist behauptet worden, daß im Rückenmark die Leitung eine Verzögerung erfahre. Aus Schelske's Versuchen läßt sich jedoch ableiten, daß dem nicht so ist. Er hat nämlich zweimal den Versuch so angestellt, daß bei beiden Reizungen das Rückenmark durchlaufen werden mußte, indem er das eine Mal am inneren Fußrande, das andere Mal in der Leistengegend reizte. In dem Fall, dem die oben mitgetheilte Zahl entnommen ist, wurde nur das eine Mal das Rückenmark durchlaufen, dessen verzögernder Einfluß hätte sich also geltend machen müssen, und Schelske hätte also in diesem Falle eine kleinere Zahl erhalten müssen als in den beiden anderen Versuchen, in welchen bei je zwei Reizungen jedesmal das ganze Rückenmark durchlaufen ward. Aber das Gegentheil war der Fall; in den beiden letzteren Versuchen ergaben sich kleinere Zahlen (31 und 25) als in dem ersten (33). Und als Schelske, der jene Versuche nicht in dem hier gedeuteten Sinn verwerthet hat, auf kürzerem Weg das Ziel verfolgte, die Leitungsgeschwindigkeit im Rückenmark zu prüfen, indem er das eine Mal eine dem unteren, das andere Mal eine dem oberen Ende des Rückenmarks entsprechende Hautstelle reizte, erhielt er die Zahl 31. Hieraus müßte man also folgern, daß der durch einen Hautreiz ausgelöste

Erregungsvorgang das Rückenmark mit derselben Geschwindigkeit durchläuft wie die Nervenstämme. Und diese Folgerung hat nichts Auffallendes, wenn man mit Schiff annimmt, daß wenigstens einfache Berührungsreize, die nicht schmerzhaft sind, die Nervenfasern der hinteren Stränge des Rückenmarks durchwandern, ohne auf diesem Wege Nervenzellen zu begegnen.

Somit hätten wir das Ergebniß gewonnen, daß die Leitung des Erregungsvorgangs in menschlichen Bewegungs- wie Empfindungsnerven eine endliche Geschwindigkeit besitzt, die weit hinter den Erwartungen des Königs der Erde zurückgeblieben ist. Wir dürfen sie zu 34 Meter in der Secunde veranschlagen, indem wir den Versuchen an Bewegungsnerven wegen ihrer größeren Zuverlässigkeit ein größeres Stimmrecht einräumen.

Wir sind aber mit diesen Untersuchungen schon in das Gehege eingedrungen, in welchem die geheimsten Vorgänge der Empfindung, Wahrnehmung und Willensregung abspielen. Haben wir doch die Leitungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven nicht unmittelbar gemessen, sondern jedesmal die ganze Zeit, welche zwischen der Reizung einer Hautstelle und der Kundgebung dieser Reizung verlief, und jedesmal zwei Versuche mit einander verglichen, in welchen der Hautreiz in verschiedenen Abständen vom Gehirn angebracht wurde.

Aber dieser ganze Zeitraum hat für unsere Selbsterkenntniß eine ungemeine Wichtigkeit. Es war daher sehr zweckmäßig ihn durch einen besonderen Namen zu bezeichnen. Hirsch nennt die Dauer zwischen Reiz und Kundgebung die physiologische Zeit, Exner zieht den Namen Reactionszeit vor, ich möchte, einen deutschen Namen wünschend, Kundzeit sagen.

Die Sternkundigen haben früher das Bedürfniß gefühlt, diese Kundzeit zu messen als die Aerzte und Lebensforscher, und zwar galt es den Sternkundigen im engsten Sinne darum, dem Delphi'schen Spruche: erkenne dich selbst, zu gehorchen.

Sie wußten nämlich, daß wenn zwei gleich geübte und zuverlässige Beobachter den Durchgang eines Sternes wahrnehmen, dies niemals genau zur gleichen Zeit geschieht, ja daß der Unterschied, der gewöhnlich nach Hundertsteln oder Zehnteln einer Secunde zählt, sogar über eine ganze Secunde steigen kann, um die der eine Beobachter später beobachtet als der andere. Um ihre Wahrnehmungen genau aufeinander beziehen zu können, bestimmen die Sternkundigen diesen Unterschied im Zeitpunkte ihrer Beobachtungen und nennen den zwischen zwei Beobachtern herrschenden Unterschied ihre persönliche Gleichung. Und da man ermittelt hat, daß diese persönliche Gleichung im Laufe der Zeit Aenderungen erleidet, ja an einem und dem-

selben Tage um einige Hundertstel Secunde ändern kann*), so ist es natürlich, daß in einer Sternwarte die Beobachter sich selbst prüfen, wie ihre Uhren und Fernrohre, um den höchsten Grad der Genauigkeit zu erreichen.

Offenbar wird zur Bestimmung der persönlichen Gleichung nur das Ende, nicht der Anfang der Kundzeit bestimmt, es werden also nicht zwei ganze Kundzeiten gemessen, sondern nur der Unterschied zwischen beiden.

Indeß war die persönliche Gleichung der Ausgangspunkt für die Messung der Kundzeit, und Adolf Hirsch war im Jahre 1862 der erste, der die Messung mit dem Hipp'schen Zeitgucker auf verschiedene Sinne des Menschen anwandte, nachdem Helmholtz schon im Jahre 1850 die Kundzeit des Tastsinns mit Hülfe des Pouillet'schen Verfahrens bestimmt hatte.

In jedem Versuch mußte also der Reiz im Augenblick der Oeffnung des zeigerhemmenden Stromes angebracht, und dieser letztere im Augenblick der Kundgebung der Wahrnehmung des Reizes wieder geschlossen werden.

Als es sich darum handelte, die Kundzeit für den Gesichtssinn zu bestimmen, ward die Oeffnung des

---

*) Siehe Hirsch in Moleschott's Untersuchungen, Bd. IX, S. 207.

elektrischen Stroms, der die Zeiger hemmt, dazu benützt, in einer benachbarten Drathrolle einen Strom zu erzeugen, deren Enden einander so nahe lagen, daß zwischen diesen ein Funken übersprang, der als Lichterscheinung beobachtet wurde.

Gilt es der Kundzeit für das Ohr, dann wird durch eine fallende Kugel der zeigerhemmende Strom geöffnet.

Und wenn die Kundzeit für den Tastsinn zu bestimmen war, so war die Anordnung ganz ähnlich der für den Gesichtssinn benützten, nur daß zwischen die Drathenden der Rolle, in welcher der Oeffnungsstrom erzeugt wurde, nicht Luft, sondern eine Hautstrecke eingeschoben ward. Es wurde der Haut nur ein schwacher Oeffnungsschlag ertheilt, der sich wie ein leichter Nadelstich fühlbar machte.

So war für die drei höheren Sinne die Aufgabe gelöst, den Augenblick der Reizung mit dem der Oeffnung des zeigerhemmenden Stroms zusammenfallen zu lassen, indem entweder die Oeffnung dieses Stromes selbst die Reizung besorgte, wie beim Gesicht und Gefühl, oder aber, wie beim Gehör, die Reizursache den zeigerhemmenden Strom öffnete. Folglich fingen im Augenblick der Reizung die Zeiger an zu gehen.

Der Schluß der Kundzeit, d. h. der Augenblick der Wahrnehmung des Reizes ward in allen Fällen

auf dieselbe Weise ermittelt, indem der Beobachter den zeigerhemmenden Strom wieder schloß, was durch einen einfachen Fingerdruck bewirkt wurde.

Aus den an sich selber angestellten Versuchen ergab sich Hirsch die Kundzeit für das Sehen eines Funkens genau gleich einem Fünftel Secunde, die für das Gehör war etwas kleiner als ein Siebentel Secunde, die für das Gefühl lag zwischen beiden mit dem Werth von zwei Elftel.

Untersuchungen von Hankel, Donders, von Wittich, Wundt, Exner, Auerbach und von Kries, Buccola haben ganz ähnliche Zahlen geliefert. Jedenfalls ergiebt sich aus all den Messungen dieselbe Rangordnung für die drei in Rede stehenden Sinne. Das Gehör erforderte die kürzeste, das Gesicht die längste Kundzeit, das Gefühl lag zwischen beiden. Ich habe aus den Zahlen der obengenannten Forscher die Mittel berechnet und finde demnach die Kundzeit

für das Gesicht etwas kleiner als 1/5 Secunde,
für das Gehör gleich . . . 1/7 „
für das Gefühl etwas größer als 1/7 „ .

Dennoch würde man fehlschließen, wenn man daraus folgern wollte, daß diese Reihenfolge einer Grundeigenschaft der verschiedenen Sinne entspräche, und daß insbesondere das Ohr sich durch eine schnellere Auffassung vor dem Auge auszeichnete.

Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Kundzeit eine wesentliche Verkürzung erleidet, wenn der Reiz an Stärke wächst. Dies hatte schon Hirsch bei elektrischen Hautreizen erfahren, denen

bei schwächerem Strom eine Kundzeit von 191,
bei stärkerem Strom „ „ „ 173

Tausentstel Secunde entsprach*). Wundt beobachtete denselben Einfluß der Reizstärke für Gehöreindrücke. Er stufte die Reizstärke ab, indem er einen Fallhammer oder eine Kugel aus verschiedenen Höhen herabfallen ließ, und erhielt bei größerer Fallhöhe eine kleinere Kundzeit. Fiel z. B. die Kugel aus einer Höhe

von 5 Centimeter, so erhielt er 176,
bei der Fallhöhe von 55 Centimeter dagegen nur 94.

Und ähnlich verhielt es sich bei Lichtreizen. Exner hat diese abgestuft, indem er überspringende elektrische Funken von verschiedener Länge in einem dunklen Raume beobachten ließ. War die Funkenlänge

	1/2	Millimeter,	dann war die Kundzeit			158,
bei	1	„ Funkenlänge	„	„	„	150,
„	5	„ „	„	„	„	138,
„	7	„ „	„	„	„	123.

Auch Buccola vermochte durch stärkeren Lichtreiz

*) In den nächstfolgenden Seiten sollen die ganzen Zahlen ohne Beifügung einer Maaßeinheit ohne Weiteres Tausendstel einer Secunde bedeuten.

die Rundzeit nach dem Durchschnitt von Werthen, die an vier Personen ermittelt wurden, von 182 auf 160 herabzudrücken.

Diesem Einflusse der Reizstärke entspricht es aber, daß, wie Bakhuyzen gefunden hat, bei zunehmender Sternhelligkeit der persönliche Fehler des Beobachters eine Abnahme erleidet.

Endlich haben von Wittich, von Kries und Auerbach, von Vintschgau und Hönigschmied, sowie Buccola die zuerst von Hirsch beobachtete Thatsache bestätigt, daß bei stärkeren elektrischen Reizen, mögen sie auf die Haut oder auf die Zunge einwirken, die Rundzeit kleiner wird.

Vergleicht man diesem Einfluß folgend die unter verschiedenen Umständen erhaltenen Zahlen, so ist es bedeutungsvoll, daß man bei hinlänglicher Reizstärke für das Auge ebenso kurze Rundzeiten beobachten kann wie für das Ohr.

Wird dadurch die Annahme einer Bevorzugung des Ohrs, die sich auf den ersten Blick aus den Zahlen herauslesen könnte, in ihrer Grundlage erschüttert, so kann doch noch nicht ohne Weiteres auf gleich schnelle Auffassung durch die drei höheren Sinne geschlossen werden. Dazu wäre nöthig zu erweisen, daß für alle drei bei gleicher Reizstärke die Rundzeit gleiche Dauer hat.

Wie soll man aber die Reizstärke eines Gehöreindrucks mit derjenigen eines Lichtreizes oder einer Gefühlserregung vergleichen? zumal da, wie Wundt sehr richtig hervorhebt, die Stärke eines Reizes nicht bloß durch den Grad seiner äußeren Wirksamkeit bedingt wird, sondern auch von dem Zustande des Sinnesorgans und dem des Hirns abhängt, ganz besonders aber durch das Fehlen oder Vorhandensein anderer Reize beeinflußt wird*). Gerade in dieser Beziehung ist zu bedenken, daß das Auge fortdauernd in einem Grade höherer Erregung verkehrt als das Ohr, und dieses wenigstens unter Umständen weit mehr erregt sein kann als die Haut. Es ist also äußerst schwierig, die Sinnesorgane unter gleichen Bedingungen mit gleicher Reizstärke zu prüfen. Ist es überhaupt möglich, so scheint es nur in dem Falle erreichbar, daß man jeden Sinn mit dem möglichst schwachen Reize angreift, d. h. mit einer Reizstärke, die eben noch wahrgenommen werden kann. Man sagt von solchen Reizen, daß sie gerade nur die Reizschwelle erreichen. Und an der Reizschwelle erhielt Wundt Werthe, die, entsprechend der Schwäche des Reizes, für Schall, Licht und Tastreiz viel größere Zeiten ergeben als die bisher mitgetheilten, und zwar

---

*) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 2. Auflage. Leipzig, 1880, Bd. II, S. 224.

für alle drei Sinne nahezu ein Drittel Secunde, genauer

für den Schall 337,
„ das Licht 331,
„ den Tastreiz 327.

Hiernach darf man es denn für sehr wahrscheinlich halten, daß, alles Uebrige gleich gesetzt, die Kundzeit für die drei höheren Sinne gleiche Dauer haben werde.

Es war sehr begreiflich, daß sich die Wißbegierde zunächst den höheren Sinnen zuwandte, nicht bloß weil uns auf ihrem Wege die reichlichste Kenntniß zufließt, sondern auch weil für sie am klarsten vorliegt, was eigentlich gemessen wird. Denn die Reize, welche die Ausbreitung des Seh-, des Hör- und der Hautnerven treffen, bedürfen an der Sinnesoberfläche keiner besonderen Vorbereitung, wie sie für den Geruchssinn und den Geschmack in Form der Vertheilung oder Auflösung chemischer Stoffe erfordert wird.

Beide diese Sinne nehmen die stofflichen Eigenschaften der Körper wahr, wie das Auge die Aetherschwingungen, die wir Licht nennen, das Ohr die Schwingungen der Luft, die Haut Druck- und Wärmeschwankungen gewahr wird. Man könnte die drei höheren Sinne als die physikalischen, Geruch und Geschmack als die chemischen Sinne bezeichnen.

Unter diesen letzteren empfindet der Geruchssinn nur flüchtige Stoffe, unter der Bedingung, daß sie an der Ausbreitung der Geruchsnerven in dem oberen Theil der Nasenhöhle, der sogenannten Geruchsspalte, vorbeibewegt werden. Zu dieser Bewegung hilft schon der Luftstrom, den jede Einathembewegung hervorbringt, mehr noch, wenn sie beim Schnüffeln an Kraft und Richtung wirksamer gemacht wird. Von wesentlicher Mitwirkung ist auch die Vertheilung und durch sie beförderte Mischung der flüchtigen Stoffe*), welcher nicht bloß die Wirbel der beim Einathmen einströmenden Luft, sondern auch die Flimmerbewegung in der Nasenhöhle Vorschub leisten.

Mißt man nun die Kundzeit des Geruchssinns, so sind jene Vorgänge der Vertheilung, Mischung und Bewegung, denen die flüchtigen Stoffe ihre Wirksamkeit verdanken müssen, in die Dauer zwischen Reiz und Losung mitinbegriffen, und sie bilden für das, was bei diesen Messungen vorzugsweise wichtig ist, einen mehr oder minder gleichgültigen Bruchtheil. Man mißt nicht sowohl die Zeit zwischen Reiz und Losung, als vielmehr die zwischen der Entwicklung der flüchtigen Stoffe und der Kundgebung der Geruchswahrnehmung verfließende Dauer.

Buccola hat den ersten Schritt gethan die Auf-

*) Diffusion.

gabe zu lösen, die wieder darin bestehen mußte, im Augenblick, in welchem der zeigerhemmende Strom am Zeitgucker geöffnet wurde, die flüchtigen Stoffe der Nase zugänglich zu machen, während der Beobachter sodann jenen Strom zu schließen hatte, sowie er das Losungszeichen geben wollte, daß er sich der Geruchsempfindung bewußt geworden. Um aber die Riechstoffe in einem bestimmten Augenblick zur Nase gelangen zu lassen, waren kleine Stückchen Schwamm, die damit behaftet waren, in ein Schächtelchen eingeschlossen, dessen Deckel, wenn er geöffnet wurde, auf Federn eine Bewegung übertrug, welche eine Unterbrechung des Stromkreises bewirken mußte*). Die Stoffe, welche Buccola in Anwendung zog, waren ein wohlriechendes Wasser, das in Bologna bereitet wird, und in Italien unter dem Namen Acqua di Felsina bekannt ist, dem Kölnischen Wasser ähnlich, Nelkenöl und Schwefeläther. Die mittlere Kundzeit für vier Personen war

---

*) Es ist ohne Zweifel ein Schreibfehler, wenn Buccola bei der Beschreibung seiner Versuche mit dem Hipp'schen Zeitgucker den Augenblick der Oeffnung des Stroms mit dem der Schließung verwechselt und umgekehrt. Siehe Buccola, sulla misura del tempo negli atti psichici elementari, Reggio nell' Emilia, 1881, p. 3, und Buccola, sulla durata delle percezioni olfattive, Rivista di filosofia scientifica, Vol. II, 1883, p. 6.

für Felsina=Wasser 471,
„ Nelkenöl 454,
„ Schwefeläther 283.

Sie war also je nach den Riechstoffen verschieden lang. In den Einzelversuchen betrug sie nie weniger als ein Viertel Secunde, und sie konnte die Dauer einer halben Secunde übersteigen.

Für den Geschmackssinn ist eine ähnliche Ueberlegung zu machen wie für den Geruchssinn, nur daß die Zufuhr des reizenden Stoffs, die beim Riechen durch Vertheilung in der eingeathmeten Luft bewirkt werden muß, beim Schmecken durch Vertheilung in den Flüssigkeiten der Mundhöhle stattfindet. Von Vintschgau und Hönigschmied fanden am Zungengrund, an welchem die feinste Geschmacksempfindung stattfindet, die Kundzeit

für Kochsalz 543,
„ Zucker 552,
„ Chinin 502,

durchschnittlich also ein wenig größer als eine halbe Secunde, während in derselben Zungengegend die Kundzeit für einfache Berührung, also für den Tastsinn, nicht ganz ein Siebentel Secunde betrug.

Nach diesen Untersuchungen könnte man schließen wollen, daß die Kundzeit für Gerüche etwas kürzer sei als für Geschmacksempfindungen. Dies dürfte indeß

nicht auf einem Unterschied der dem Sinneswerkzeug innewohnenden Auffassungsgeschwindigkeit beruhen, sondern darauf, daß sich die Riechstoffe schneller in der Luft der Nasenhöhle als die Schmeckstoffe in den Flüssigkeiten des Mundes vertheilen. Und wenn wir die Zeit für den vorbereitenden Vorgang der Mischung durch Vertheilung und Auflösung berücksichtigen, wenn wir bedenken, daß wir für den Zeitverlust, den jene Vorbereitung bedingt, keinen Maaßstab haben, so bedarf es kaum ausdrücklich hervorgehoben zu werden, daß wir aus den Messungen am Geruchs- und Geschmackssinn nicht folgern können, daß die unmittelbare Einwirkung des Reizes auf die betreffenden Sinnesnerven durch eine längere Zeit vom Losungszeichen getrennt sei, als bei den übrigen Sinnen. Freilich kennen wir bisher auch kein Mittel, um es für diese beiden Sinne ebenso wahrscheinlich zu machen, daß ihre Kundzeit mit der der übrigen drei übereinstimmt, wie die Untersuchung mit Hülfe der Schwellenreizung für Gesicht, Gehör und Gefühl eine solche Uebereinstimmung unter einander erschließen läßt.

Da die Reizstärke einen großen Einfluß auf die Kundzeit ausübt und nicht bloß von der Macht des Reizmittels, sondern auch von dem Verhalten des Reizerdulders abhängt, so lag es nahe zu vermuthen, daß die Uebung es vermöchte, die Kundzeit abzukürzen.

Dies ist nun in der That insofern der Fall, als in einer längeren Reihe von Versuchen die ersten ganz gewöhnlich große Zahlen ergaben, welche bei Fortsetzung der Versuche sehr bald eine Abnahme erleiden. Allein diese Abnahme erreicht schnell ihre Grenze, unter welche die Kundzeit auch bei fortgesetzter Uebung nicht weiter herabgedrückt werden kann. Buccola fand den Einfluß der Uebung zur Herabsetzung der Kundzeit etwas auffälliger für Tasteindrücke als für Licht- und Gehörreize. Jedoch, so lang es sich um die einfache Kundzeit handelt, d. h. um die Dauer zwischen der Anwendung einer vorher bekannten Reizwirkung und der Ertheilung der Losung, zeigt sich der Einfluß der Uebung nicht sowohl in der Abnahme der Kundzeit, als vielmehr darin, daß ihr Werth in verschiedenen unter gleichen Bedingungen gewonnenen Bestimmungen nur sehr geringe Schwankungen erleidet, mit anderen Worten nahezu beständig wird. (Adolf Hirsch.)

Dem entspricht es, daß keineswegs die ausgezeichnetsten Beobachter die kleinsten Kundzeiten in Anspruch nehmen. Wilhelm Wundt erhielt für die einfache Kundzeit an sich selber oft größere Werthe als seine Schüler, und es ist bekannt, daß zwei so berühmte Sternkundige, wie Bessel und Argelander, eine auffallend hohe persönliche Gleichung besaßen.

Nur darf man gewiß nicht so weit gehen, daß man für die einfache Kundzeit den Einfluß der Uebung ganz wegstreitet. Dagegen spricht schon die Thatsache, daß Donders die Kundzeit, wenn das Losungszeichen mit der rechten Hand gegeben ward, um ein Hundertstel Secunde kleiner fand, als wenn das Wahrzeichen mit der linken Hand ertheilt wurde.

Gleich bei den ersten Versuchen, die wir Hirsch verdanken, stellte sich ein sehr großer Einfluß der Aufmerksamkeit auf die Dauer der Kundzeit heraus. Für die Eindrücke auf die Netzhaut verlief nämlich ein Fünftel Secunde zwischen Reiz und Wahrzeichen, wenn es sich um die Beobachtung eines unerwartet überspringenden Funkens handelte. War dagegen die Beobachtung vorbereitet, indem Hirsch z. B. erspähte, in welchem Augenblick der Zeiger des unteren Zifferblatts des Zeitguckers an einem bestimmten Zeichen vorbeiging, etwa oben am Nullstrich, dann sank die Kundzeit von 200 auf 77, d. h. von einem Fünftel auf ein Dreizehntel Secunde.

Diesen Einfluß der Vorbereitung der Aufmerksamkeit hat Wundt folgerichtig und erschöpfend für die Auffassung von Gehöreindrücken studirt. Er fand jedesmal eine bedeutende Verkürzung der Kundzeit, wenn er dem zu beobachtenden Gehörreiz kurze Zeit vorher ein das baldige Eintreten desselben verkünden-

des Geräusch vorangehen ließ. Und zwar war die betreffende Verkürzung um so bedeutender, je stärker der Reiz war. Fiel die Kugel z. B. aus einer Höhe von 25 Centimeter, so war die Kundzeit

	bei vorangehender Verkündigung	ohne Verkündigung
	76	253
für 5 Centimeter Fallhöhe	175	266.

Sie war also beim stärkeren Geräusch um mehr als zwei Drittel, bei schwächerem Geräusch dagegen nur etwa um ein Drittel kleiner.

Wie man sieht, war das Ergebniß dieser wissenschaftlich ausgeführten Messungen durch einfach erworbene Erfahrung im Heerwesen längst bekannt. Ein zu ertheilender Befehl, der schnell und genau, d. h. flink ausgeführt werden soll, wird nie in einem Athem ertheilt, sondern das letzte Wort, das den eigentlichen Reiz bildet und von den vorhergehenden gleichsam verkündet wird, wird scharf von den anderen getrennt. Und auch der Vortheil des stärkeren Reizes war den Feldwebeln längst bekannt, da sie selbst, wenn sie wenige Neulinge einüben, die auch einen schwachen Zuruf vernehmen könnten, immer laut schreiend befehlen. Und mit Recht. Wer von seiner Mannschaft auf den Schlag, genau und pünktlich eintretende Bewegungen verlangt, muß laut befehlen und das letzte entschei-

dende Wort seines Befehls durch eine kurze Zwischenzeit von den vorangehenden Worten trennen.

Und hier macht sich nun in der That in wunderbarer Weise die Uebung geltend. Werden nämlich bei geeigneter Wahl dieser Zwischenzeit und dafür sorgend, daß sie immer gleich groß bleibt, die Versuche in längerer Reihe wiederholt, so verkürzt sich die Kundzeit immer mehr, sie kann auf wenige Tausendstel einer Secunde, ja auf Null herabsinken. Um letzteres zu erreichen, darf die Zwischenzeit zwischen Warnung und wirklichem Reiz nach Wundt nicht kürzer sein als ein Fünfundzwanzigstel einer Secunde, darf aber auch eine gewisse, bisher nicht genauer bestimmte Länge nicht übersteigen. In diesem Fall werden also die Wahrnehmung und die Willensregung derart vorbereitet, daß beide miteinander und ebenso beide mit der Empfindung zusammenfallen.

Je genauer die Zeit des Eintritts und die Stärke des anzuwendenden Reizes vorher bekannt sind, um desto geringer wird die Kundzeit. Wenn daher schwache und starke Schallreize regelmäßig mit einander abwechseln, so ist die Dauer zwischen Reiz und Losungszeichen viel geringer, als wenn die Abwechslung unregelmäßig erfolgt, so daß der Reizerdulder weder eine bestimmte Stärke noch den Eintritt des Schalls sicher erwarten kann. Wundt fand die Kundzeit

	bei regelm. Wechsel	bei unregelm. Wechsel
für starken Schall	116	189
„ schwachen Schall	127	298,

und es ist beachtenswerth, daß er auch bei unregelmäßigem Wechsel den stärkeren Reiz im Vortheil fand.

Wenn in eine Reihe schwacher Schälle plötzlich und unerwartet ein starker eingeschoben wird, so kann die Kundzeit bis auf ein Viertel Secunde, und war der Eindringling ein sehr schwacher Schall zwischen starken, so kann sie sogar zu einer halben Secunde heranwachsen.

Bringt also die Vorbereitung der Aufmerksamkeit für die Kundzeit Gewinn, so wird diese dagegen verlängert, wenn neben dem Sinnesreiz, dessen Wahrnehmung wir verkünden sollen, irgend ein anderer Eindruck uns zerstreut, mag dieser nun demselben Sinnesgebiet oder einem anderen angehören. Wundt verglich z. B. die Kundzeit für mäßige und starke Schalleindrücke und für Lichtfunken, indem er sie bald bei einem Nebengeräusch, bald ohne dieses einwirken ließ. Die Mittelzahlen waren folgende:

	ohne Nebengeräusch	mit Nebengeräusch
bei mäßigem Schall	189	313
„ starkem Schall	158	203
„ Lichtfunken	222	300.

Auch hier hat die wissenschaftliche Forschung die

Erfahrung des täglichen Lebens in die deutliche und zuverlässige Sprache der Zahlen übersetzt.

Wenn man die obigen Zahlenverhältnisse alle auf dieselbe Einheit, etwa auf 100 bezieht, so erhalten wir

	ohne Nebengeräusch		mit Nebengeräusch
bei mäßigem Schall	100	:	166
„ starkem Schall	100	:	128
„ Lichtfunken	100	:	135.

Und aus diesen Zahlen erhellt, daß wenn der zu verkündende Reiz schwach ist, der störende Nebeneindruck, der auf denselben Sinn wirkt, eine größere Verlängerung der Kundzeit bewirken kann, als wenn er gleichzeitig mit einem mächtigeren Reiz einwirkt, der ein anderes Sinnesgebiet in Anspruch nimmt.

Niemandem ist diese Erfahrung geläufiger als dem Arzte, der, während in einem Hause Klavier geklimpert wird oder in der Straße Wagen rasseln, vielleicht gar eine Militärmusik vorbeigeht, die Geräusche oder Töne in der Brust eines Kranken belauschen muß. Zugleich aber dürfte Niemand besser als er für den Vortheil einstehen können, den uns die Uebung gewährt, insofern wir es lernen, dem schwächeren Eindruck unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden und die Störung des Nebeneindrucks zu überwinden.

Eine ganze Reihe von Einflüssen, welche die Kundzeit verlängern, ist darauf zurückzuführen, daß sie der

Aufmerksamkeit ungünstig sind. Dahin gehören z. B. niederdrückende Gemüthsbewegungen, welche in von Vintschgau's und Dietl's Versuchen eine Verzögerung um 11 bis 27 Tausendstel Secunde bewirken konnten. In der Schwermuth, in welcher der Mensch so tief in seinem persönlichen Zustande versunken sein kann, daß ihn die Außenwelt kaum berührt, kann nach Buccola die Kundzeit für Gesichts- und Tasteindrücke das Doppelte der gewöhnlichen Dauer betragen, ja über das Dreifache derselben hinaufsteigen.

Zu den niederdrückenden und betäubenden Eindrücken ist in dieser Hinsicht gewiß auch das Erschrecken zu rechnen. In der That hat Wundt beobachtet, daß das Erschrecken die Kundzeit verlängert, und er dürfte wohl Recht haben, wenn er meint, daß Exner, der das Gegentheil erfuhr, vielleicht durch die die Kundzeit verkürzende Wirkung des stärkeren Reizes getäuscht wurde*). Eine dem Erschrecken ähnliche Wirkung hat es, wenn man zwischen eine Reihe von Erregungen, die sich nach immer gleichen Zwischenräumen folgen, plötzlich, ohne daß der Beobachter es ahnen kann, einen kürzeren Zeitraum einschiebt. Wundt beobachtete bei solchen Versuchen eine Verzögerung, welche die Kundzeit bei schwachen Reizen bis auf ein Viertel, bei starken

---

*) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, II, S. 442.

bis zur halben Secunde verlängern konnte. Die Ueberraschung ging mit einem kleinen Schreck einher.

Der Aufmerksamkeit wirkt die Ermüdung entgegen. Dennoch ist ihr Einfluß auf die einfache Kundzeit, die einstweilen hier allein betrachtet wird, wenigstens nicht groß. Hirsch fand, nachdem er sich durch Beobachtungen auf der Sternwarte ermüdet hatte, seine Kundzeit für Netzhautreize um sieben Tausendstel Secunde länger als einige Stunden zuvor in frischem, ausgeruhtem Zustande. Nach Hirsch äußert die Ermüdung ihre Wirkung mehr dadurch, daß die verschiedenen Bestimmungen einer Versuchsreihe schwankende Zahlen ergeben, als durch die Verlängerung der Kundzeit, so daß hier dasselbe Verhältniß waltet wie bei dem Mangel an Uebung.

Gerade aus dem Gesichtspunkte der Bedeutung der Aufmerksamkeit wird man es Obersteiner und Buccola gerne glauben, daß gebildete Leute eine kürzere Kundzeit haben als ungebildete*), ebenso Herzen, gegen Exner, wenn er berichtet, daß Kinder zwischen fünf und zehn Jahren, deren Aufmerksamkeit so schwer zu fesseln ist, für Tasteindrücke lange Kundzeiten ergeben, ja daß diese Kundzeit durchschnittlich eine halbe Secunde übersteigt. Buccola fand bei einem

*) Buccola, sulla misura del tempo negli atti psichici elementari, Reggio nell' Emilia, 1881, p. 31.

sehr geweckten sechsjährigen Kinde für Berührung am Rücken der Hand mehr als ein Drittel Secunde für die Dauer zwischen Reiz und Wahrzeichen.

Alles Uebrige gleich gesetzt muß man also die Aufmerksamkeit als maßgebend für die Kundzeit betrachten, und da sich die Aufmerksamkeit üben läßt, wie das Gedächtniß, so darf man schon aus diesem Grunde, wie ich oben sagte, den Einfluß der Uebung nicht ganz wegläugnen; es kommt nur darauf an ihn nicht zu überschätzen.

Nun giebt es aber, so wie es eine zweckmäßige Spannung der Aufmerksamkeit giebt, auch eine Ueberspannung derselben, die zu seltsamen Täuschungen und Mißgriffen Anlaß giebt. Und da es sich hierbei, wenigstens theilweise um Erscheinungen handelt, die den gemeinen Menschenverstand, auch den der Gelehrten, auf den ersten Blick verdutzen, so dürfte es zweckmäßig sein, hier auf einige allgemein bekannte Erscheinungen aufmerksam zu machen, die das Verständniß vorbereiten können.

Wenn wir bei schnellem Schreiben eines Briefes unsere Aufmerksamkeit in dem Grade spannen, daß das Bild des folgenden Wortes, vielleicht weil es besonders wichtig ist, uns zu lebhaft vorschwebt, dann kommt es nicht selten vor, daß wir, und zwar nicht ohne es zu bemerken, einen Buchstaben, am häufigsten

einen Vokal des Wortes, das erst nachfolgen sollte, schon in dasjenige aufnehmen, das eben an der Reihe ist, und deshalb falsch geschrieben wird. Wir verschreiben uns.

Ein Klavierspieler, der eine Note in einem Musikstück liest und sie, sowie er derselben bewußt geworden, spielt, befindet sich genau in dem Falle eines Menschen, der für eine Gesichtsempfindung seine Kundzeit bestimmt, nur drückt der Klavierspieler auf eine Taste des Klaviers, während der Forscher, der die Kundzeit mißt, auf einen elektrischen Schlüssel drückt. Der Klavierspieler, der ein neues Stück einübt, befindet sich häufig in dem Fall, daß wenn er sich einer schwierigen Stelle nähert, er seine Aufmerksamkeit so steigert, daß er eine Note, die er besonders fürchtet, zu früh abspielt. Er verspielt sich, er giebt das Losungszeichen vor der Zeit.

In diesen Fällen handelt es sich in geringerem oder höherem Grade um eine Spannung der Aufmerksamkeit, welche die Willensregung überjagt. Sehr häufig überstürzt sich dagegen die Wahrnehmung, die überreizt ist, weil ihr Organ überreizt ist, was natürlich auf Eins hinausläuft, und die Empfindung wird wahrgenommen, bevor noch der äußere Reiz zur Wirkung gelangt. Wem ist es nicht begegnet, der mit der Furcht zu spät zu kommen sich dem Schauspiel-

hause näherte, daß er Musik hörte, die zu spielen noch nicht begonnen hatte? wer hätte nicht schon den Dampfzug gesehen, der ihm geliebte Personen zuführen sollte, ehe er wirklich sichtbar war? Und wenn ich so frage, welcher Dichterfreund denkt nicht an den Anhub von Schiller's „Erwartung“:

Hör' ich das Pförtchen nicht gehen?
Hat nicht der Riegel geklirrt?

oder an Göthe's „Morgenklagen“:

Hüpft ein Kätzchen oben über'n Boden,
Knisterte das Mäuschen in der Ecke,
Regte sich, ich weiß nicht was, im Hause,
Immer hofft' ich, deinen Schritt zu hören,
Immer glaubt' ich, deinen Tritt zu hören.

Man hört einen Ton, noch ehe er erklingt, wenn man ihn mit überspannter Aufmerksamkeit erwartet. Und dies hat nichts Wunderbares an sich, wenn man bedenkt, daß das betreffende Hirnorgan durch ein Erinnerungsbild nach und nach in dem Grade erregt wird, daß seine Wirkung so mächtig wird, wie die eines gegenwärtigen Reizes.

Aber auch das Gegentheil tritt ein, und zwar sind wir uns dessen am meisten vom Gehörsinn bewußt. Unsere Aufmerksamkeit hat eine andere Richtung, während ein Wort gesprochen wird oder das Bruchstück eines Gesanges ertönt, und erst einige Augenblicke später werden wir es gewahr, daß wir sprechen

oder singen hörten. Gegenständlich am deutlichsten ist der Fall, wenn die Zeitverschiebung sich thatsächlich an Ursache und Wirkung geltend macht, weil unsere Aufmerksamkeit vorwiegend der Wirkung zugewandt ist, wenn wir zum Beispiel bei einem Aderlaß das Blut eher spritzen als das Messerchen stechen sehen.

Im Versuch beobachtet man alle diese Fälle. Man kann einen Schall, wie sich von selbst versteht, im Augenblick hören, in welchem er wirklich erzeugt wird, man kann ihn später hören, man kann ihn aber auch früher zu hören glauben, was gewöhnlich am meisten überrascht, wenn es nicht als unwahrscheinlich von Unkundigen geradezu verworfen wird.

Wundt hat eine sinnreiche Vorrichtung erdacht, mit deren Hülfe die drei möglichen Fälle jederzeit in überzeugender Weise vorgeführt werden. Er hat dazu ein Pendelwerk gebaut, von welchem die Bewegung eines Uhrzeigers und die eines Glockenhammers abhängen, derart, daß bei einer gegebenen Stellung des Zeigers ein Glockenschlag ertönt. Man kann aber den Augenblick des Glockenschlags beliebig abändern. Der Beobachter hat nun den Theilstrich am Gradbogen anzugeben, an welchem im Augenblick des Glockenschlags der Zeiger vorbeigleitet, während er natürlich im Voraus von dem Zeitpunkt des Zusammenfallens einer bestimmten Zeigerstellung mit dem

Glockenschlag nichts wußte. Bei diesen Versuchen nun kann der Schall genau im richtigen Augenblick, er kann zu spät, er kann aber auch zu früh gehört werden.

Die genaue Uebereinstimmung der Zeigerstellung mit dem Glockenton wird um so schwieriger erhascht, je schneller der Zeiger sich bewegt. Und wenn diese Bewegung ungleichmäßig ist, dann hört man den Schall leicht zu spät, im Falle die Bewegung des Zeigers mit abnehmender Geschwindigkeit vor sich geht, öfters zu frühe dagegen, wenn die Geschwindigkeit des Zeigers im Zunehmen begriffen ist. Ueberhaupt aber, und dies ist für den Unvorbereiteten das Auffallende, wird der Glockenschlag viel häufiger zu früh als zu spät beobachtet*).

Es giebt eine gewisse gleichmäßige Geschwindigkeit der Zeigerbewegung, bei welcher alle drei Fälle beobachtet werden: genaues Zusammentreffen des Hörens und Sehens, zu frühes und zu spätes Hören. Bewegt sich der Zeiger schneller, als es jener bestimmten Grenze entspricht, dann pflegt man zu spät, und wenn er sich langsamer bewegt, zu früh zu hören. Im letzteren Falle ist es, als wenn die überspannte Aufmerksamkeit den Schall nicht erwarten, im vorletzten, als wenn sie ihm nicht nachkommen könnte.

Sehr begreiflich wird der Irrthum in der Bezeich-

*) Vgl. Wundt, a. a. O. Bd. II, S. 264—279.

nung der Wahrnehmung, wenn die Willensregung zum Ausbruch veranlaßt wird durch einen Nebeneindruck, der einem anderen Sinnesgebiete angehört, wenn wir z. B. die Wahrnehmung eines Funkens kundgeben, während wir auf ein Geräusch oder einen Schall gespannt sind (Buccola). Der Wille wird in solchen Fällen gleichsam überrascht. Das Merkwürdige und Lehrreiche dabei ist, daß wir uns des Irrthums bewußt sind.

In diesem ganzen Gebiete handelt es sich also nicht etwa um zufällige Sinnestäuschungen, sondern um ein durch innere Spannungszustände des Hirns bedingtes Schwanken unserer Auffassungsschärfe, ähnlich wie durch die Größe eines Gewichts die Empfindlichkeit einer Wage eine Einbuße erleidet.

Wenn bisher wiederholt betont wurde, daß die obige Erörterung sich auf die einfache Kundzeit bezieht, so sollte damit nicht etwa gesagt sein, daß dieselbe aus einem einzigen einheitlichen Zeitraum besteht. Dies geht ja schon daraus hervor, daß der Vorgang, welcher den Empfindungsreiz bedingt, von der Sinnesoberfläche, sei es die Netzhaut des Auges oder die Nervenausbreitung in der Gehörschnecke, der Geruchs-

spalte, den Zungen- oder Hautwärzchen, in das Gehirn, und behufs der Willensregung vom Gehirn zu den Muskeln geleitet werden muß, wenn die Empfindung mit einer Bewegung beantwortet werden soll.

Halten wir uns für die Leitungsgeschwindigkeit in menschlichen Empfindungs- und Bewegungsnerven an die Zahl 34 Meter in der Secunde, nehmen wir an, daß ein Reiz die Fußwurzel treffe und der Weg von hier bis zum Gehirn etwa 2 Meter, vom Hirn bis zu den Fingerbeugern am Arm etwa 70 Centimeter betrage, so würde die Leitung hin und her etwa 79 Tausendstel Secunde erfordern. Da nun Hirsch bei Guillaume, dem rühmlich bekannten Neuchateller Arzte, die Kundzeit für den Fuß gleich 170 fand, so würden nach Abzug der für die Leitung anberaumten Zeit noch 91 Tausendstel oder neun Hundertstel Secunde übrig bleiben. Und da noch ein Hundertstel für die Zeit, während welcher der Reiz im Muskel unwirksam bleibt, für die sogenannte verborgene Reizung, abgezogen werden muß, so blieben nur 81 Tausendstel oder acht Hundertstel für die Vorgänge übrig, die sich zwischen das Ende der Leitung zum Empfindungsherde und den Anfang der Leitung vom Bewegungsherde zu den Muskeln einschieben, also in diesem Falle genau die Zeit, die auf die Leitung selbst verwandt wurde.

Wurde dagegen an der Hand gereizt, so würde, wenn sonst in der Anordnung des Versuches nichts verändert war, und wenn wir den Weg von der Hand zum Hirn zu einem Meter veranschlagen, der gesammte Leitungsweg hin und her, statt 270, nur 170 Centimeter betragen. Diese würden in 50 Tausendstel Secunde zurückgelegt. Aber die Kundzeit für einen an der Hand angebrachten Reiz war bei Guillaume 142. Nach Abzug der Leitungszeit von der Kundzeit bleiben 92, die um das Hundertstel, das auf die verborgene Reizung fällt, verkleinert, 82 Tausendstel, also wiederum fast genau acht Hundertstel für die Zwischenvorgänge zwischen dem Ende der herdsuchenden und herdfliehenden Leitung ergeben.

Handelt es sich um einen Gehörreiz, so dürfte der Weg von der Nervenausbreitung zum Hirn, indem wir die gekreuzte Wirkung zwischen Ohr und Hirn berücksichtigen, nicht mehr als 15 Centimeter betragen, der gesammte Leitungsweg also etwa 85 Centimeter. Dieser aber würde in 25 Tausendstel Secunde zurückgelegt. Legen wir die von Hirsch gefundene Zahl 149 für die auf das Gehör bezügliche Kundzeit zum Grunde, so blieben nach Abzug des Hundertstels für die verborgene Reizung, für die Zwischenvorgänge 114 verfügbar.

Vom Auge zum Hirn mag der Weg ein wenig

länger sein als vom Ohre, er dürfte aber 17 Centimeter nicht übersteigen. Durch diesen Unterschied von 2 Centimeter wird die für die ganze Leitung erforderte Zeit nicht um ein ganzes Tausendstel geändert. Wir dürfen also auch hier 25 + 10 von den 200 abziehen, die bei Hirsch der Kundzeit für das Auge entsprechen. Somit bleiben hier 165 für die Zwischenvorgänge.

Da sich nun diese Zwischenvorgänge im Hirn abwickeln, so würde aus den obigen Rechnungen folgen, daß der Hirnvorgang beim Sehen die längste, beim Hören eine kürzere, beim Fühlen endlich die kürzeste Zeit in Anspruch nimmt, nämlich von den oben verwertheten Grundbeobachtungen ausgehend

beim Sehen . . . 165,
beim Hören . . . 114,
beim Fühlen . . . 81—82.

Es darf aber nicht vergessen werden, daß hier die Kundzeiten berücksichtigt sind, die in gegebenen Einzelfällen für Reize von unbestimmter Stärke erhalten wurden. Diese Reize waren aber ohne Zweifel von der Reizschwelle, d. h. von der schwächsten, noch eben spürbaren Wirkung ziemlich weit entfernt. An der Reizschwelle fand Wundt die Kundzeit

für das Sehen . . . 331,
„ „ Hören . . . 337,
„ „ Fühlen . . . 327.

Wir haben oben aus diesen Zahlen abgeleitet, daß bei gleicher Reizstärke, die eben nur an der Schwelle zu verwirklichen ist, die Kundzeit für die drei höheren Sinne gleich lang ist. Setzen wir sie nun gleich 333 und ziehen die oben angegebenen Leitungszeiten ab, dann erhalten wir

für das Sehen $333 - 35 = 298$,
„ „ Hören $333 - 35 = 298$,
„ „ Fühlen $333 - 60 = 273$,
oder $333 - 89 = 244$.

Der oben erhaltene Unterschied für die Dauer der Hirnvorgänge bei den drei höheren Sinnen wird dadurch hinfällig. Höchstens könnte man es wahrscheinlich finden, daß die Hirnvorgänge beim Fühlen etwas weniger Zeit beanspruchen als beim Sehen und Hören.

Auf eine mögliche Veränderung der Leitungsgeschwindigkeit durch den Grad der Reizung konnte bei diesen Betrachtungen keine Rücksicht genommen werden, da sie nach einigen Forschern (Valentin, Troitzky, Wundt) mit der Reizstärke wachsen, nach anderen (Rosenthal, Lautenbach, Schiff) dagegen abnehmen soll*).

So viel geht aus den vorliegenden Beobachtungen hervor, daß, während bei mittleren Gefühlsreizen die

*) Vgl. Hermann, Handbuch der Physiologie II, 1, Leipzig, 1879, S. 24.

Leitungszeit in den Nerven, wenn es sich um weit entfernte Hautpunkte handelt, beinahe ebenso lange sein kann wie die Hirnzeit, diese letztere dagegen für das Sehen und Hören und wohl auch recht häufig für das Fühlen bedeutend überwiegt.

Aus was für Bestandtheilen ist nun aber diese Hirnzeit zusammengesetzt? Diese Frage hat offenbar für denjenigen, der die Geschwindigkeit des Denkens zu prüfen wünscht, die höchste Bedeutung.

Um die Hirnzeit in ihre Hauptabschnitte zu zerlegen, ist vor Allem an die oben schon herbeigezogene Beobachtung zu erinnern, daß wir sehr oft den Gehöreindruck von Tönen und Worten empfinden, deren Wirkung wir erst kurz darauf wahrnehmen. Die Empfindung kann also der Wahrnehmung vorangehen.

Zum Erkennen, zum Bewußtwerden eines Eindrucks, der unsere Sinne trifft, genügt also nicht die Empfindung, sie muß zur Wahrnehmung werden*).

Die Thatsache, so allgemein sie hier ausgedrückt ist, liegt dem Menschen schon ohne messende Versuche nahe, indem wir auf dem Gebiete der Beobachtungen mit dem Gesichtssinn täglich erfahren, wie sehr das

---

*) Wundt und nach seinem Vorgange viele andere Schriftsteller nennen die Empfindung Perception und die Wahrnehmung Apperception.

bloße Empfinden und das Wahrnehmen auseinander liegen können.

Wer ohne eindringliche Beobachtung ein Menschenantlitz betrachtet, bekommt einen allgemeinen Eindruck von dessen Beschaffenheit, er findet es schön oder häßlich, ausdrucksvoll oder leer, und wenn es sich etwa um einen Mann handelt, männlich oder sanft, aber wenn man gefragt wird, ob die Person schwarze oder blaue Augen hat, ja selbst ob sie einen Bart trägt oder nicht, werden die Meisten noch einmal hinsehen wollen, und so wird das, was sie zuerst und unbestimmt empfanden, zu einer Wahrnehmung.

Aehnlich ergeht es bei einer jeden Naturbeobachtung. Wer zum ersten Mal eine Blume sieht, merkt empfindend, daß sie einen Kelch und Blumenkrone hat, daß Staubfäden aus ihr hervorragen, er empfindet ihre Farbe, aber erst wenn er genauer zugesehen, weiß er zu sagen, ob der Kelch geschlitzt ist oder nicht, ob die Blumenkrone aus mehreren Blättern besteht, ob der Staubfäden viele oder wenig sind, ob die Farbe über die Blumenblätter gleichförmig vertheilt ist oder ob verschiedene Farben, wie etwa beim Veilchen, an verschiedene Blätter und auf einigen Blättern an verschiedene Stellen vertheilt sind. Jetzt erst hat sich die Empfindung zur Wahrnehmung erhoben.

Der einigermaßen geübte Beobachter macht diesen Vorgang in sehr kurzer Zeit durch. Er erkennt ohne Weiteres gewisse Merkmale in ihrem Zusammenhang, und wer einmal aufmerksam eine Erbsenblüthe, blühenden Ginster oder Goldregen betrachtet, der glaubt die Schmetterlingsblüthe wahrzunehmen in dem Augenblick, in dem er sie empfindet.

Bei mikroskopischen Beobachtungen offenbart sich das Verhältniß noch augenfälliger. Der Neuling erblickt unter dem Mikroskop eine Zelle, wird wohl auch ohne Färberei die Gegenwart eines Kerns in der Zelle gewahr, aber obwohl auch das in diesem enthaltene Kernkörperchen ein Bildchen auf seine Netzhaut entwarf, also empfunden werden mußte, muß er gemahnt noch einmal hinsehen und nun nimmt er auch das Kernkörperchen wahr.

Der Forscher auf allen sinnlichen Gebieten begnügt sich nicht mit dem allgemeinen Sehen, er will die Merkmale sondern und erkennen, er sieht hin, bis die Empfindung eine Beobachtung, eine Wahrnehmung geworden ist. Beim guten Beobachter kürzt sich die Zeit, die zwischen Empfindung und Wahrnehmung verläuft, erstaunlich ab. Zeigt man z. B. einem Manne wie Kölliker etwas unter dem Mikroskop, so hat er alles erkannt, noch ehe man Zeit gefunden ihm zu erklären, was man für eigenthümlich hält;

er ist eben ein ausgezeichneter Wahrnehmer. Beim Unerfahrenen muß man die Aufmerksamkeit auf die einzelnen Merkmale hinleiten, dann verkürzt sich auch bei ihm die Zeit zwischen Empfindung und Wahrnehmung immer mehr. Und auch der Geübte erstaunt über diese Abkürzung, wenn ihm irgend eine neue Entdeckung in der Formenwelt bekannt geworden, bis auf den Punkt, daß er nicht begreifen kann, wie er die gegebene Eigenthümlichkeit nicht von jeher und gleich gesehen habe.

Daß sich nun die Wahrnehmung von der Empfindung unterscheidet, wird am besten dadurch bekundet, daß wir unsere Aufmerksamkeit dem schwächeren von zwei Eindrücken zuwenden können. Wir können also weiter vom guten Beobachter aussagen, daß er das Unscheinbare nicht übersieht.

Indeß, streng genommen, ist die Zeit, die zwischen Empfindung und Wahrnehmung verläuft, noch niemals gemessen worden. Könnte man zwei Versuche so anstellen, daß in beiden die Leitungszeit und die Willenszeit gleich blieben und, während in dem einen Empfindungs- und Wahrnehmungszeit zugleich vorkämen, in dem andern nur die Empfindungszeit, ohne die Wahrnehmungszeit, enthalten wäre, dann würde man, wie bei der Bestimmung der Leitungszeit in den Bewegungsnerven, die Wahrnehmungszeit im engeren

Sinne durch eine einfache Abziehung berechnen können. Aber eine Kundzeit, ohne daß Wahrnehmung im Spiele wäre, ist offenbar ein Ding der Unmöglichkeit. Denn um das Wahrzeichen zu geben, muß die Empfindung durch Aufmerksamkeit eine bewußte Willensregung ausgelöst haben, und dies schließt die That der Wahrnehmung ein.

Trotzdem sind wichtige Schritte gemacht worden, um den Raum der Hirnzeit zu zergliedern, und Donders gebührt das Verdienst dieses Feld der Forschung, welches durch die vorangegangenen Messungen urbar gemacht war, zuerst bebaut zu haben.

Die nächste Aufgabe, die sich Donders gestellt hat, ging dahin, die Zeit zu bestimmen, welche für die Unterscheidung eines Sinneseindrucks von mehreren anderen gebraucht wird, indem das Wahrzeichen immer auf dieselbe Art gegeben ward. Die Lösung der Aufgabe gelang ihm durch Schalleindrücke. Es wurde zwischen zweierlei Versuchsanstellungen abgewechselt. Das eine Mal ward von der einen Person der Selbstlauter i ausgesprochen und von der anderen sobald als möglich wiederholt, das andere Mal sprach die erste Person eine beliebige Reihe von Selbstlautern aus, und die andere hatte bloß das i nachzusprechen, wenn sie dieses hörte, auf die übrigen Selbstlauter dagegen zu schweigen.

Der Stimmton des Vorsprechenden wie der des Nachsprechenden wurde jedesmal mit Hülfe eines Tonschreibers*) unter einer, wie oben angegeben, erhaltenen Zeitlinie verzeichnet. Der Tonschreiber aber besteht aus einem an beiden Enden offenen kegelähnlichen Kasten, dessen kleine Oeffnung durch ein passend gespanntes Häutchen verschlossen ist, das durch den Stimmton in Mitschwingungen versetzt wird, und indem es ein Stückchen Hollundermark mit daran befestigtem Schreibstift trägt, seine Schwingungen auf eine sich drehende berußte Walze aufschreibt.

Wußte nun die Hauptperson, daß der Gehülfe das i und nur i aussprechen würde, dann ertheilte sie die Antwort jedesmal früher, als wenn sie aus verschiedenen Selbstlautern das i heraushören und ausschließlich beantworten sollte. Galt es in der Reihe, in welcher das i auftauchte, dieses auszusprechen, dann betrug die Verzögerung 36.

Darf man nun annehmen, daß in beiden Fällen die Leitung, die Vorbereitung zum Aussprechen desselben Selbstlauters und damit bis auf einen gewissen Grad die Willenszeit gleich lang sind, so hätte man in jener Verzögerung ein Maaß für die Zeit, welche die Unterscheidung beanspruchte. Als zwischen den fünf Selbstlautern, die ertönten, das i bevorzugt wurde,

*) Phonautograph.

dauerte die Kundzeit 237, als nur das i ertönte dagegen nur 201.

In ähnlicher Weise hat Wundt Versuche angestellt, indem er einen weißen Kreis auf schwarzem Grunde von einem schwarzen Kreise auf weißem Grunde unterscheiden ließ. In demselben Augenblick, in welchem die Zeichnung beleuchtet ward, wurden die Zeiger des Hipp'schen Zeitguckers in Gang gesetzt, und sowie der Beobachter sich der Unterscheidung bewußt geworden, gab er immer in derselben Weise das Zeichen, indem er mit derselben Handbewegung die Zeiger anhielt und die Beleuchtung aufhob. Da hier gar keine Entscheidung zwischen dem Kundgeben und Nichtkundgeben stattfand, so muß man zugeben, daß in diesen Versuchen die Unterscheidungszeit reiner von der Willenszeit gelöst war als in den von Donders ausgeführten Bestimmungen. Trotzdem ergab sich eine größere Zahl. Als Mittel der an drei Personen erhaltenen Werthe erhielt Wundt für die Zeit der Unterscheidung zwischen Schwarz und Weiß 59.

Mit diesen Versuchen sind die von Buccola zu vergleichen, der für die Unterscheidung zwischen Blau und Grün den Werth von 52 erhielt*).

Nach demselben Grundsatz, indem nämlich auf

*) Buccola, Studi di psicologia sperimentale, Rivista di filosofia scientifica, Vol. I (1881), p. 145, 146.

dieselbe Weise jedesmal dasselbe bejahende Kundzeichen gegeben wurde, verfuhr Buccola mit Rücksicht auf den Tastsinn. Er gab auf zu unterscheiden, ob die rechte oder die linke Hand berührt wurde, und die Berührung geschah jedesmal mit einem Pinsel an derselben Stelle des Handrückens. Die Unterscheidungszeit, die er erhielt, betrug durchschnittlich 80. In einem Beispiel betrug die Kundzeit für die Berührung, bei welcher unterschieden werden mußte, ob sie die rechte oder linke Hand betraf, 213, die einfache Kundzeit dagegen, bei welcher der Beobachter vorher wußte, an welcher Stelle die Berührung erfolgen würde, nur 137. Die Unterscheidungszeit war also in diesem Falle 213 — 137 = 76*).

Da wir nun für Schall, Licht, Berührung verschiedene Werthe der Unterscheidungszeit verzeichnet finden:

für die Auszeichnung eines Selbstlauters durch das Gehör . . . 36, Donders,
für die Unterscheidung von Schwarz und Weiß . . . . 59, Wundt,
für die Unterscheidung von Blau und Grün . . . . 52, Buccola,
für die Unterscheidung der linken und rechten Hand bei Berührung . . 80, Buccola,

*) Buccola, a. a. O. p. 308, 309.

so könnte man auf den Gedanken kommen, daß für verschiedene Sinne eine verschieden lange Unterscheidungszeit walte. Dem ist jedoch nicht so. Denn Donders fand bei seinen Versuchen, in welchen das Aussprechen des Selbstlauters i das Kundzeichen war, als die Selbstlauter, statt gehört zu werden, gesehen wurden, so ziemlich die gleich kurze Zeit, die hier oben verzeichnet steht. Und als Buccola statt eine links- und rechtsseitige Berührung unterscheiden zu lassen, abwechselnd eine Fingerspitze — er sagt nicht welche — und das untere Drittel des Vorderarms berührte, ergab sich eine mittlere Unterscheidungszeit von 36*).

Hiernach ist es mindestens nicht unwahrscheinlich, daß wenn man Reize von gleicher Stärke an gleich empfindlichen Stellen, bei gleicher Stimmung des Reizerdulders anwenden könnte, die Unterscheidungszeiten für die verschiedenen Sinnesgebiete ziemlich gleiche Werthe haben würden.

Daß ihre Dauer in der That von verschiedenen Umständen abhängt, die mit dem besonderen Sinneswerkzeug nichts zu thun haben, geht z. B. aus Wundt's Erfahrung hervor, daß die Unterscheidungszeiten wachsen, wenn in den betreffenden Versuchsreihen ein häufiger Wechsel mit anderen Versuchen stattfindet.

---

*) Buccola, a. a. O. S. 145.

Es ist oben hervorgehoben worden, daß die Reizstärke nicht bloß mit der äußeren Wirksamkeit des Reizmittels, sondern auch mit der Empfänglichkeit des Reizerdulders wächst. Da nun diese Empfänglichkeit auch an demselben Einzelwesen an verschiedenen Stellen verschieden groß ist, größer am gelben Fleck als an den seitlichen Theilen der Netzhaut, größer an der Grundfläche der Gehörschnecke als in ihrer Kuppel, größer an den Fingerspitzen z. B. als am Vorderarm, so ist zu erwarten, daß an den feiner empfindenden Stellen derselbe Reiz in kürzerer Zeit unterschieden werde als an solchen, die verhältnißmäßig stumpfsinnig sind.

In der That fand Buccola in jenen Versuchen, in welchen er zwischen Fingerspitze und Vorderarm unterscheiden ließ, die Unterscheidungszeit, wenn die Fingerspitze berührt wurde, um ein Viertel kleiner, als wenn der Reiz auf den Arm wirkte, in jenem Falle 31, in diesem 42.

Aus diesem Einfluß der Oertlichkeit erwächst eine ganz besondere Schwierigkeit, wenn man die Reizung verschiedener Hautstellen dazu benützen will, um aus ihrer verschiedenen Entfernung vom Hirn die Leitungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven abzuleiten.

Exner, von Kries und Auerbach, Hall und von Kries, von Vintschgau und ganz besonders

Buccola haben zahlreiche Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß die fein ausgebildete Tastempfindlichkeit einer Körperstelle ihre Entfernung vom Gehirn mehr als entschädigen kann. So fand Buccola für zwei Personen die einfache Kundzeit für eine Berührung

der Fingerspitze durchschnittlich 140,
des Vorderarms „ 145.

Und von Vintschgau erhielt für verschiedene Stellen der Zunge, für welche die Leitungszeit keinen Unterschied ergeben konnte, die einfache Kundzeit für eine Berührung

an der Zungenspitze . 127,
an der Mitte der Zunge 130,
am Zungengrunde . . 146.

Bedenkt man, daß die Zungenspitze unter allen Theilen des Körpers die größte Empfindungsschärfe besitzt, — man erinnere sich, wie lästig ein Haar auf der Zunge ist, — und daß die Empfindlichkeit von der Spitze nach dem Grunde abnimmt, so zeigen jene Zahlen deutlich, daß der Einfluß der Reizempfänglichkeit den des Reizabstandes überwiegen kann.

So ist die Kundzeit für das Sehen mit dem gelben Fleck, dem die größte Gesichtsschärfe zukommt, kürzer als für alle vom gelben Fleck mehr oder weniger entfernte Stellen der Netzhaut, an der Schläfenseite

der Netzhaut kürzer als an ihrer Nasenseite, unten kürzer als oben. Wir sehen daher die im oberen Theil des Gesichtsfeldes außerhalb des Bereichs des gelben Flecks liegenden Gegenstände rascher als die dem unteren Theil des Gesichtsfeldes angehörenden (Hall und v. Kries).

Es war daher ein unschätzbares Glück, vielleicht mehr Glück als Weisheit, daß Hirsch und Schelske, um die Leitungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven zu ermitteln, solche Hautstellen mit einander verglichen, die keinen allzu verschiedenen Ortssinn besitzen. Hirsch spricht freilich nur von Hand und Fuß, Schelske aber verglich die innere Fläche der Fußwurzel mit der Leistengegend, den unteren Theil des Rückens mit dem Nacken.

Es ist ohne Weiteres klar, daß, wenn man ungleich empfindliche Stellen mit gleicher Reizstärke oder, was auf dasselbe hinauskommt, ähnlich feinsinnige Stellen mit verschieden starken Reizen erregt, man ganz widersinnige Zahlen erhalten muß, welche, wenn sie gegen Fug und Recht verwerthet werden sollten, die ganze Grundlage für die Messung der Leitungsgeschwindigkeit in Empfindungsnerven erschüttern würden. Wie überall, wo es sich darum handelt, den Einfluß zu untersuchen, den die Abstufung einer Wirkungsursache bedingt, hat man strenge dafür zu sorgen, daß alle anderen Bedingungen durchaus gleich bleiben.

Wenn man aber diese Vorschrift und das, was oben hinsichtlich der Stimmung der Versuchsperson angedeutet wurde, gehörig erwägt, dann wird man sich nicht darüber wundern, daß die Unterscheidungszeiten bei verschiedenen Personen verschiedene Dauer haben.

Nachdem man sich nun aber eine Vorstellung von der Unterscheidungszeit verschafft hatte, suchte man ferner eine solche von der Willenszeit zu erwerben.

Auch hier ergab sich bald, daß man die gesammte Willenszeit nicht rein aus der Kundzeit herausheben kann. In jede, selbst die einfachste Kundzeit ist die Willenszeit mit einbegriffen, es kann sich niemals darum handeln, sie einfach wegzunehmen oder hinzuzufügen, es giebt daher kein Mittel, dieselbe wenigstens annähernd zu beurtheilen, als durch mehr oder weniger erschwerende Bedingungen ihre Dauer zu verlängern oder zu verkürzen. So gelangt man dazu, die Wahlzeit zu messen.

Da hat nun Wundt zuerst mit Recht hervorgehoben, daß es sich um eine Wahlzeit schon in dem Falle handelt, in welchem wir darüber entscheiden, ob wir ein Wahrzeichen geben sollen oder nicht. Allerdings ist dies die einfachste Wahlzeit. Sie wird zusammengesetzter, wenn wir, statt zwischen Bewegung und Ruhe, zwischen zwei Bewegungen wählen sollen.

Streng genommen war also in den Versuchen von Donders schon eine solche einfachste Wahlzeit zur einfachen Willenszeit hinzugetreten, als der Selbstlauter i bald nicht, bald wohl ausgesprochen werden mußte.

Von diesem Gedanken geleitet, hat Wundt mit Max Friedrich und Ernst Fischer eine Anzahl Versuche angestellt, bei welchen er zwischen Schwarz und Weiß unterscheiden, aber nur auf Weiß und zwar mit der rechten Hand das Wahrzeichen geben ließ. Hierbei hatte also der Beobachter nicht bloß zwischen Schwarz und Weiß zu unterscheiden, sondern auch nach der Unterscheidung zwischen Ruhe und Bewegung zu wählen. Es wurde also zugleich die Unterscheidungszeit und die Wahlzeit gemessen. Mit dieser Zeitdauer wurde dann die bloße Unterscheidungszeit verglichen, nach Versuchen, bei welchen jedes Mal die rechte Hand das Kundzeichen gab. Wenn man aus den Mitteln der für die drei Personen erhaltenen Werthe die Mittelwerthe berechnet, findet man für die Kundzeit

mit bloßer Unterscheidung	mit Unterscheidung und Wahl
243	416,

und zieht man die erstere Zahl von der letzteren ab, dann erhält man als mittlere Wahlzeit 173.

Nach demselben Verfahren hat wiederum Buccola die Wahlzeit zwischen Bewegung und Ruhe bei der

Unterscheidung von Grün und Blau gemessen. Behufs der Unterscheidung wurde nur bei Grün die Handbewegung gemacht. Die Zahlen folgen hier.

Kundzeit	
für die bloße Unterscheidung	für Unterscheidung und Wahl
228,	294;

und hiernach dauerte die Wahl zwischen Bewegung und Ruhe: 294 — 228 = 66.

Kleiner fiel die Wahlzeit aus, als sie immer auf dieselbe Weise für den Tastsinn bestimmt wurde. Aufgabe war, zwischen einer Berührung des Vorderarms und der Fingerspitze zu unterscheiden, und entweder bei der einen oder bei der anderen, immer aber mit derselben Hand, das Zeichen zu geben, während umgekehrt entweder bei der zweiten oder bei der ersten geruht wurde. Die mittlere Kundzeit war

bei bloßer Unterscheidung	bei Unterscheidung und Wahl
184,	212,

somit die mittlere Wahlzeit: 212 — 184 = 28.

Die zusammengesetztere Wahlzeit, das heißt die Dauer, welche die Wahl zwischen zwei Bewegungen voraussetzt, ist vor Allen von Donders gemessen, aber leider nicht ohne Einmischung der Unterscheidungszeit. Er reizte elektrisch entweder an einer rechts oder links gelegenen Hautstelle. Der Reizerdulder hatte einen elektrischen Schlüssel in der rechten und einen

eben solchen in der linken Hand und mußte, wenn links gereizt ward, mit der Linken, wenn rechts gereizt ward, mit der Rechten das Bewußtwerden der Unterscheidung melden. Nur wurden mit diesen Versuchen nicht solche verglichen, bei welchen auch die Unterscheidungszeit in der Kundzeit begriffen war, sondern nur solche, welche die einfache Kundzeit ermittelten. Das Ergebniß war:

einfache Kundzeit	Kundzeit mit Unterscheidung und Wahl
205.	272.

Offenbar ist hier der Unterschied zwischen beiden Zahlen (67) ein Maaß für die Unterscheidungszeit sammt der Wahlzeit zwischen zwei Bewegungen.

Einer gleichen Deutung unterliegen die Versuche, bei welchen zwischen Roth und Weiß unterschieden und Roth mit der Rechten, Weiß mit der Linken gemeldet werden sollte, während diesen Versuchen solche gegenüber standen, in welchen ein elektrischer Funke beobachtet und mit einer und derselben Hand dafür das Kundzeichen gegeben ward. Aus diesen Versuchen ergab sich die Summe der Unterscheidungszeit und der Dauer der Wahl zwischen zwei Bewegungen gleich 154.

Wichtiger, eindringlicher war es, die Zeit für die einfachste Wahl von der der zusammengesetzten Wahl abzuziehen. Der Lösung dieser Aufgabe nun hat sich Donders genähert und Wundt hat sie erreicht.

Donders bestimmte nach dem oben kurz gekennzeichneten Verfahren mit dem Tonschreiber die Zeit, die in Anspruch genommen wird, wenn die Versuchsperson auf einen beliebigen, ihm vorher nicht bekannten Selbstlauter mit demselben Selbstlauter antworten muß. Er fand hierbei offenbar eine Kundzeit mit Inbegriff der Unterscheidungszeit und der Dauer, welche die Wahl zwischen der Aussprache verschiedener Selbstlauter erforderte. Er fand als Mittel an sich selber 284.

Hiermit verglich er die einfache Kundzeit, indem er auf einen vorher gewußten Selbstlauter mit eben diesem antwortete; diese Kundzeit war 201.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Zahlen (83) entsprach der Summe der Unterscheidungs- und Wahlzeit.

Es ward aber ferner die Zeit ermittelt, welche verstrich zwischen dem Ertönen eines bestimmten Selbstlauters, des i, der zwischen mehreren anderen unbekannten und in nicht vorher bestimmter Reihenfolge vorgesprochen wurde, und dem Nachsprechen desselben. Der gefundene Werth war 237. Indem Donders diesen abzieht von dem für die Beantwortung eines beliebigen nicht vorher gewußten Selbstlauters mit seinesgleichen, glaubt er die bloße Unterscheidungszeit von der Summe der Unterscheidungs- und Willens-

zeit abzuziehen, folglich die reine Willenszeit zu erhalten. Hierbei ist er aber der Täuschung verfallen, daß er die Versuchsreihe, bei welcher bloß i nachgesprochen, obwohl verschiedene Selbstlauter angegeben wurden, bloß auf die Unterscheidung bezieht, während doch für das Aussprechen des i in dem überraschenden Augenblick außerdem nicht bloß eine Willensregung mit im Spiel ist, sondern auch eine Wahl zwischen Ruhe und Bewegung. Der von Donders an dieser Stelle gefundene Unterschied ist also zunächst der zwischen einer Unterscheidung mit einfachster und einer solchen mit mehr zusammengesetzter Wahl. Er fand dafür die Zahl 47*).

Ueberdies ist aber das Heraushören des Selbstlauters i aus einer Reihe anderer nicht als eine einfache Unterscheidung zwischen zwei Wahrnehmungen zu betrachten. Das Aufpassen auf den Selbstlauter, der da kommen soll und nicht kommt, die gespannte und wiederholt getäuschte Erwartung bringt eine Unruhe hervor, die leicht eine Verlängerung der Unterscheidungszeit zur Folge haben könnte.

Einfacher sind die Versuchsbedingungen und reiner der Vergleich in der Untersuchung, welche Wundt zu einer Bestimmung der Unterschiedsdauer zwischen ein-

*) Vgl. auch die Auseinandersetzung Wundt's, a. a. O. Bd. II, S. 252.

facher und zusammengesetzter Wahl geführt hat. Nachdem er, wie oben berichtet, die Wahlzeit zwischen Bewegung und Ruhe gemessen hatte, ermittelte er auch die Dauer der Wahl zwischen zwei Bewegungen, indem auf Weiß mit der Rechten, auf Schwarz mit der Linken geantwortet wurde. Er erhielt für die einfache Kundzeit

	mit Unterscheidung,	mit Unterscheidung und Wahl zwischen zwei Bewegungen
als Mittel:	233	501,

und der Unterschied dieser Zahlen: 268 entspricht der Wahlzeit zwischen zwei Bewegungen.

Aber die einfachere Wahl zwischen Ruhe und Bewegung erfordert, wie wir oben sahen, 173; der Unterschied, 268—173 = 95, ergiebt uns also die Verzögerung, welche die erschwerte Wahl im Vergleich zur einfachsten bedingt. Auch die zuletzt mitgetheilten Zahlen sind Mittelwerthe aus den an drei Personen gewonnenen Mitteln.

Nach Wundt's Untersuchungen würden die Wahlzeiten nach Zehnteln, die Unterscheidungszeiten nach Hundertsteln von Secunden zählen. Bei starken Reizen soll jedoch nach demselben Forscher die Willenszeit so sehr zusammenschrumpfen, daß Wahrnehmung und Willensregung zusammenzufallen scheinen. Je mehr man sich dagegen dem Schwellenwerthe nähert, um desto länger wird die Willenszeit.

Also Empfinden, Wahrnehmen, Denken, Wollen, es kostet alles Zeit, und wenn es der einfachsten Auffassung, der beschränktesten und eingeübtesten Kundgebung gilt.

So wie es aber darum zu thun ist, statt zwischen zweien, zwischen mehreren Eindrücken zu unterscheiden und einfach zu melden, daß man erkannt hat, wächst die erforderliche Zeit bedeutend. Als Wundt mit Friedrich und Fischer ermittelte, wie viel Zeit sie durchschnittlich brauchten, um zwischen Schwarz und Weiß zu unterscheiden, fanden sie 59 Tausendstel Secunde; als es sich jedoch um die Unterscheidung von Schwarz, Weiß, Roth und Grün handelte, wuchs die Durchschnittszahl auf 131, also um mehr als das Doppelte.

Noch lehrreicher sind die Beobachtungen, die wir denselben Forschern verdanken, in welchen die Unterscheidungszeiten für ein- bis sechsstellige Zahlen mit einander verglichen wurden. Der Kürze halber geben die folgenden Werthe ohne Weiteres den durchschnittlichen Unterschied zwischen der einfachen und der zusammengesetzten Kundzeit an, den wir als Wahrnehmungszeit bezeichnen. Demnach waren die Wahrnehmungszeiten für

1-	2-	3-	4-	5-	6-stellige Zahlen
304	351	385	531	706	979.

Obwohl diese Mittelwerthe, die an drei Personen gewonnen sind, im Allgemeinen lehren, daß mit der Stellenzahl der Summe auch die Wahrnehmungszeit sich vergrößert, ist doch klar, daß kein gerades Verhältniß besteht zwischen dem Wachsthum der Stellen der verschiedenen Zahlen und dem der Wahrnehmungszeiten. Man erkennt dies auf den ersten Blick, wenn man sich die aufeinander folgenden Unterschiede der Wahrnehmungszeiten ansieht.

Unterschiede bei Zahlen von

1 u. 2	2 u. 3	3 u. 4	4 u. 5	5 u. 6 Stellen
47	34	146	175	273.

So lange die Zahl aus nicht mehr als drei Stellen besteht, wächst die Wahrnehmungszeit nur wenig und unsicher. Bei vier Stellen macht das Wachsthum einen Ruck und von da an erleidet es eine fortschreitende Zunahme. Eine sechsstellige Zahl erfordert mehr als das Dreifache der Wahrnehmungszeit, die für eine einfache genügt, und zwar durchschnittlich beinahe eine ganze Secunde. Daß aber von 1 bis 3 Stellen das Wachsthum so unbedeutend ist, erklärt Wundt wohl richtig daraus, daß uns auch dreistellige Zahlen gleichsam wie ein einziges zusammengehöriges Bild auftauchen, während wir vier- bis sechsstellige Zahlen erst in zwei Hälften zerlegen, die wir nachträglich zusammenfassen.

Auf eine höchst eigenthümliche Weise macht sich hier die Uebung geltend. Diejenigen Zahlen, die mit 1 anfangen, und unter diesen wieder diejenigen, deren zwei erste Stellen 18 sind, wurden vorzugsweise rasch aufgefaßt. Und im Anfang der Versuche wurden beinahe regelmäßig zweistellige Zahlen in kürzerer Zeit wahrgenommen als einstellige; dies kehrte sich jedoch in Folge der Uebung um und wird deshalb von Wundt mit dem Umstande in Zusammenhang gebracht, daß wir die einstelligen Zahlen häufiger als Wort, denn als Ziffer zu sehen gewohnt sind.

Regelmäßige und unregelmäßige Figuren, die aus drei bis sechs Seiten bestanden, deren Durchmesser fünf bis acht Millimeter betrug, und die schwarz auf weißem Grunde gezeichnet waren, erforderten durchschnittlich 579 Tausendstel Secunde, um erkannt zu werden, also wenig mehr als eine vierstellige Zahl. Dabei machte es keinen Unterschied, ob die Figuren regelmäßig oder unregelmäßig waren, und ebenso wenig, ob sie innerhalb der angegebenen Grenzen aus mehr oder weniger Seiten bestanden. Dennoch nimmt die Wahrnehmungszeit bedeutend zu, wenn die Figuren eine verwickeltere Gestalt annehmen. So werden nach Baxt einfache krumme Linien in einem Fünftel der Zeit aufgefaßt, die für zusammengesetztere erfordert wird.

Noch vor diesen Untersuchungen Wundt's hatte Donders zu bemessen versucht, um wieviel die einfache Kundzeit bei der Unterscheidung zwischen einer größeren Zahl von Selbstlautern, im Vergleich zur Unterscheidung bloß zweier, verlängert würde. Das Wahrzeichen ward, wie sonst bei ähnlichen Versuchen, durch Nachsprechen des Selbstlauters gegeben. Bestand nun die Aufgabe darin, nur zwei Selbstlauter von einander zu unterscheiden, dann war die Wahrnehmungszeit im Mittel 56, sie war dagegen 86, als zwischen fünf Selbstlautern unterschieden werden mußte, indem unerwartet irgend einer von den fünfen vorgesprochen werden durfte.

Die Wahrnehmungszeit für einsilbige Worte durchs Gehör fand Wundt bei Versuchen, die sich über vier Personen vertheilten, durchschnittlich gleich 120, viel kleiner also als sie für die Auffassung ein- bis dreistelliger Zahlen mit dem Auge erfordert wurde. Dies stimmt aber mit der von Donders gemachten Erfahrung überein, nach welcher die gesammte Kundzeit bei der Unterscheidung zwischen zwei bis fünf Selbstlautern mittelst des Auges zwei- bis dreimal so viel Zeit erfordert als mittelst des Ohrs.

Aber es ließ sich noch ein Schritt weiter gehen, um es greifbar zu machen, daß die Vorgänge des Denkens an Zeitgrenzen gebunden sind.

Zu diesem Zweck haben Wundt und seine Schüler

die Kundzeit für die Wahrnehmung eines gesprochenen einsilbigen Wortes mit derjenigen verglichen, die sich ergab, als auf gleiche Weise eine durch jenes Wort hervorgerufene Vorstellung dem Hirn bewußt geworden, wie etwa, wenn „Pflicht“ gesagt wurde, das Auftauchen des Begriffes „Recht“, oder für „Sturm“ „Wind“, für „Staub“ „Sand“ u. s. w. Nennen wir die Zeit, die für das Auftauchen eines beliebigen verwandten Begriffs nach dem Hören eines einsilbigen Worts gebraucht wurde, die Zeit der Gedankenverbindung*), so betrug sie im Mittel aus den für vier Beobachter erhaltenen Werthen 764 Tausendstel oder etwa drei Viertel einer Secunde. Die Zeit der Gedankenverbindung stimmte sehr nahe überein mit der Wahrnehmungszeit für eine fünfstellige Zahl.

Unter den vier Personen, die zur Messung der Zeit für Gedankenverbindung zusammen arbeiteten, war ein Herr Namens G. Stanley Hall, der den größten Werth lieferte, nämlich 874 Tausendstel, oder nahezu 9 Zehntel Secunde. Dieser nun war nach Wundt's Aussage in der deutschen Sprache weniger geübt, so daß er auf zugerufene deutsche Worte langsamer eine verwandte Begriffsvorstellung auffand. Wundt hat offenbar diese höchste Zahl bei der Berechnung des Mittelwerthes ausgemerzt; er berechnet

*) Associationszeit, Wundt.

daher die Zeit der einfachsten Gedankenverbindung zu 720. Allein ebenso gut hätte Wundt die an sich selber, als dem Geübtesten, gefundene kleinste Zahl (706) bei der Berechnung des Mittelwerthes ausschließen können. Der allgemeine Satz, den Wundt an diese Erfahrungen knüpft, daß nämlich verschiedene Personen für die einfachste Gedankenverbindung weniger verschiedene Zeiten beanspruchen als für die einfache Kundgebung, „was man von vornherein kaum erwarten konnte"*), scheint deshalb einstweilen mit Vorsicht aufzunehmen. Vier Personen ist wohl kleine Zahl, dazu kommt aber noch, daß dieselben aller Wahrscheinlichkeit nach so ziemlich auf Einer Bildungsstufe standen. Wenn also unter ihnen die Uebung allein Unterschiede von 706 bis 874 ergab, so dürfte eine über viele Personen ausgedehnte Untersuchung wohl noch größere Unterschiede gewärtigen lassen. Einstweilen dürfte auch der wissenschaftlichsten Untersuchung das Recht nicht einzuräumen sein, die Schlagfertigkeit aus dem täglichen Leben zu bannen, und Wundt hat es sicherlich auch nicht gewollt.

Handelte es sich in den zuletzt beschriebenen Versuchen mit dem zugerufenen Worte nicht bloß um die Auffindung eines beliebigen verwandten Begriffs, sondern eines solchen, der zu der Vorstellung, die das

---

*) Wundt, a. a. O. II, 281.

Wort erweckte, in einem näher bestimmten Verhältniß der Abhängigkeit, der Unter-, Ueber- oder Nebenordnung stehen soll, dann fand Wundt die Zeit der Gedankenverbindung um etwa ein Zehntel Secunde verlängert, also zu etwas mehr als vier Fünftel Secunde angewachsen.

Ohne den Anspruch, sogenannte Grundzahlen aufzustellen, seien hier die Mittelwerthe aus einigen der oben angeführten Messungen übersichtlich zusammengestellt.

	Tausendstel Secunde.	Bruchtheil einer Secunde.
Einfache Kundzeit für die drei höheren Sinne bei mittlerer Reizstärke .	177	etwas über 1/6
Dieselbe an der Reizschwelle . . .	332	1/3
Hirnzeit für Gesichts- und Gehörwahrnehmungen an der Reizschwelle	298	3/10
Dieselbe für Gefühlswahrnehmungen	258	etwas über 1/4
Unterscheidungszeit für 2 Eindrücke	57	beinahe 1/17
" " 4—5 "	112	etwas über 1/10
Einfachste Wahlzeit zwischen Ruhe und Bewegung	89	" " 1/12
Wahlzeit zwischen 2 Bewegungen .	268	" " 1/4
Wahrnehmungszeit für vierstellige Zahlen und einfache Figuren . .	555	" " 1/2
Wahrnehmungszeit für sechsstellige Zahlen	979	beinahe 1
Lose Gedankenverbindung	764	etwas über 3/4
Innige "	864	beinahe 9/10

Es liegt auf der Hand, und die vorhergehenden Seiten waren vielfach dem Nachweise gewidmet, daß diese Zahlen vielen Schwankungen unterliegen, die von der Reizstärke, Aufmerksamkeit, Uebung, von persönlicher Empfänglichkeit, Schlagfertigkeit und Stimmung, und noch von anderen Einflüssen abhängen. Allein sie bieten Anhaltspunkte zum Vergleichen. Man sieht z. B. aus dieser Zusammenstellung, daß die Wahrnehmung bei gleicher Einfachheit der Verhältnisse rascher erfolgt als das Wählen, also die Wahrnehmungszeit, alles Uebrige gleichgesetzt, kürzer ist als die Willenszeit; daß die Denkzeit, auch für die oberflächlichste Anreihung zweier Begriffe, und vollends für eine schlußrechte Verbindung, länger ist als die Wahrnehmung von einfachen Dingen oder die Wahl zwischen zwei Bewegungen, daß sie aber schon von der Auffassung einer sechsstelligen Zahl überdauert wird.

Jedoch der wichtigste Schluß aus dieser Zahlenreihe ist der, daß das Denken ein ausgedehnter Vorgang ist, und zwar um so ausgedehnter, je zusammengesetzter es wird.

Was bei seiner Verrichtung Zeit braucht, an die Zeit gebunden ist, das kann nur durch Ortsveränderung, und wenn es nur die seiner kleinsten Theilchen wäre, bestehen. In der Zeit bewegen sich seine kleinsten Theilchen, folglich bethätigt sich seine Verrichtung durch

Bewegung. Es kann nicht aus der umgebenden Stoffmasse herausgehoben werden, ohne dieser Bewegung und der Zeitgrenze verlustig zu werden, ohne aufhören zu bestehen. Es ist also selbst stofflich, aber in so eigenthümlicher Weise bewegt, daß an ihm jene Erscheinungen erfolgen, die man geistige zu nennen pflegt, und die nicht minder leuchten, weil sie ohne Stoff nicht entstehen, ohne Stoff sich nicht geben, ohne Stoff nicht empfangen lassen.

Wer dieser Auffassung gegenüber von entgeistetem Stoffe spricht, oder gar die punktförmigen Monaden Leibnitz' anruft, die keine Ausdehnung haben, aber alles enthalten und alles wirksam von innen heraus spiegeln sollen, dem hat Lichtenberg geantwortet, als er schrieb: „Was ist Materie, so wie sie sich der „Psychologe denkt? So etwas giebt es vielleicht in „der Natur nicht. Er tödtet die Materie und sagt „hernach, daß sie todt sei."*) Mit diesem Worte ist aber zugleich betont, daß wir den Geist in der Natur suchen und finden.

---

*) Lichtenberg's Vermischte Schriften, Bd. I, S. 157.

Nach den obigen Erläuterungen dürfte es nicht mehr gar zu sehr befremden, daß jeder Mensch aus den unzähligen, wenn auch oft ziemlich dunklen Erfahrungen über seine Wahrnehmungs- und Wahlzeit, über die Zeit, die sein Denken und Wollen in Anspruch nehmen, ein persönliches Zeitgefühl in sich entwickelt, das ihm bei vielen Leistungen ohne äußere Nachhülfe als Richtschnur dient. Man darf es allen Ernstes behaupten, daß der Mensch eine Uhr im Kopf habe, wenn wir uns nur wenig irren, falls wir bei einer öffentlichen Rede eine bestimmte Zeit nicht überschreiten wollen, oder wenn es uns gelingt, aus einem erquicklichen Schlafe zur vorgenommenen Stunde zu erwachen.

Allein wir haben nicht bloß eine Uhr, wir haben auch eine Wage im Kopf, nur daß diese sowohl der Uhr unseres persönlichen Zeitgefühls, wie auch der Wage der Chemiker an Empfindlichkeit bei weitem nachsteht.

Wenn man die Hand abwechselnd mit zwei Gewichten belastet, dann erkennt man diese als verschieden, wenn das eine nur ein Drittel mehr wiegt als das andere. Man unterscheidet z. B. sehr leicht das Gewicht von drei Blättchen Postpapier, die zusammen etwa 21 Gramm wiegen, von dem Gewicht von vier

solchen Blättchen, deren Gewicht 28 Gramm beträgt. Der Unterschied zwischen beiden Gewichten ist in diesem Falle 7 Gramm. Man würde sich aber sehr irren, wenn man nun glauben wollte, die Hand würde auch eine Belastung mit 56 Gramm von einer solchen mit 49 Gramm unterscheiden, weil der Unterschied in diesem Falle, wie in dem Ausgangsbeispiele, wieder 7 Gramm beträgt. Mit nichten. Ist das eine Gewicht 56 Gramm, so muß das zweite bis auf 42 Gramm abnehmen, damit beide sicher als verschieden erkannt werden. Es müssen, damit die Unterscheidung gelinge, die beiden Gewichte nicht um den gleichen beständigen, sondern um den gleichen Verhältnißwerth von einander verschieden sein. Sind wir also im Stande, Gewichte von einander zu unterscheiden, die sich wie 4 zu 3 verhalten, dann erkennen wir den Unterschied zwischen Gewichten von 4 mal 7 und 3 mal 7, von 8 mal 7 und 6 mal 7, von 12 mal 7 und 9 mal 7, also von 28 und 21, von 56 und 42, 84 und 63, die sich alle wie 4 : 3 verhalten, aber durchaus nicht von 56 und 49, oder von 84 und 77. Diese Thatsache, welche Weber als eine allgemein gültige bezeichnet hat, läßt sich so ausdrücken, daß wir den Erfolg zweier Reize als gleicher Weise bemerklich wahrnehmen, nicht wenn die zwei Reize um gleiche Größe von einander verschieden sind, sondern dann,

wenn das Verhältniß zwischen beiden Reizgrößen ein bestimmtes ist, und da sich innerhalb weiter Grenzen dieses Verhalten auf verschiedenen Sinnesgebieten als gesetzmäßig erwiesen hat, so bezeichnet man es gewöhnlich als das Weber'sche Gesetz*).

Fechner, dem das Verdienst gebührt, die Lehre dieses Gesetzes am meisten entwickelt zu haben, hat es zugleich auf die einfachste Weise dem Erfahrungsbewußtsein Aller nahe gelegt, durch den Vergleich des Vorgangs auf reinem Sinnesgebiet mit der Schätzung des Wohlstandes, wie sie je nach dessen verschiedener Entwicklung vorgenommen wird. Es ist ein altes Wort, daß wer viel hat, nur um so mehr verlangt. Nur daß dieser Charakterzug der Menschheit im Lichte des Weber'schen Gesetzes viel von dem unerfreulichen Schatten der Habsucht verliert. Wenn ein Tagelöhner, der monatlich 50 Mark verdient, sich freut über eine Lohnerhöhung, die 5 Mark beträgt, ist es nicht begreiflich, daß ein Beamter mit einem Monatsgehalt von 500 Mark sich erst über eine Zulage von 50 im gleichen Grade freuen wird, etwa so wie ein General, der monatlich 2000 Mark einzieht, über einen Zuschlag von 200?

Alle solche Schätzung ist auf eine Beurtheilung der Verhältnisse gegründet, und daher wird das Wort

*) „Psycho-physisches Grundgesetz." (Fechner.)

„verhältnißmäßig“ nicht bloß in der Wissenschaft, sondern auch im gemeinen Leben, so unendlich oft zu Rath gezogen.

Auf einem etwas verwickelteren Gebiete hat der überraschend ähnliche Eindruck, den verschiedene Tonarten oder gleiche Tonverhältnisse in verschiedenen Octaven auf uns machen, dem Weber'schen Gesetze mächtig vorgearbeitet, so lange es musikalisch gebildete Ohren giebt. Gleichviel um welche Tonart oder um welche Octave es sich handelt, das Verhältniß zwischen den Schwingungszahlen des Grundtons und der nächst höheren Octave in der Zeiteinheit ist immer 1 : 2, das zwischen dem Grundton und der Quint 2 : 3, zwischen dem Grundton und der großen Terz 4 : 5, gleichviel welcher Ton zum Grundton gewählt werde. Nur handelt es sich bei der musikalischen Wirkung nicht um die Unterscheidung eines kleinsten verhältnißmäßigen Unterschiedes, sondern um die Wirkung verhältnißmäßiger Unterschiede im Allgemeinen, deren Uebereinstimmung so groß ist, daß nicht nur dieselbe Melodie in verschiedenen Tonarten sogleich als solche erkannt wird, sondern auch, namentlich wenn es sich um eine Begleitung handelt, derjenige, der sie spielt, nach Verlauf einiger Tage darüber im Unklaren sein kann, ob er dieselbe oder eine andere Tonart vor sich hat.

Beurtheilt man nicht die Schwingungszahlen, die

einem bestimmten Ton entsprechen, sondern die Schallstärken, dann findet man, daß verschiedene Schallstärken richtig unterschieden werden, wenn sich die schwächere zur stärkeren annähernd verhält wie 3 : 4. (Volkmann.) In dieser Beziehung ergiebt sich also, daß wenn es sich um Schallstärken oder einfache Belastung handelt, Ohr und Hand sich hinsichtlich der Feinheit des Abwägens ganz ähnlich verhalten.

Es ergiebt sich aber keineswegs eine überraschende Feinheit der Abstufung. Bedenkt man, daß man verschiedene Schallstärken hervorbringt, indem man einen Körper, etwa eine eiserne Kugel, aus verschiedener Höhe auf eine Holzplatte herabfallen läßt, wobei nach Vierordt die Schallstärke im Verhältniß der Quadratwurzel der Fallhöhe wächst, dann ergiebt sich sogleich, daß man, die Fallhöhen abändernd, eine Stufenleiter unzähliger Schallstärken hervorbringen kann, von denen wir nur wenige sicher unterscheiden. Die Wage kann so empfindlich sein, daß sie innerhalb der Breite von einem Milligramm bis zu 200 Gramm die Zugabe von einem Bruchtheil eines Milligramms angiebt. Insofern ist also die Fallmaschine, wie die Wage einem Vergrößerungsglase vergleichbar, und da man Gewichte mit dem Auge abliest, könnte man sagen die Wage sei das älteste Mikroskop der Welt, das Mikroskop, von welchem Chemie, Physik und Physiologie nicht

weniger abhängig sind, als die Erforschung des feinsten Baues der Pflanzen und Thiere von der Entdeckung vergrößernder Glaslinsen. Und Palamedes, dem Erfinder der Wage in Nauplia*) gebührt für die Entwicklungsmöglichkeit der Wissenschaft mindestens der gleiche Ehrenplatz, den Zacharias Jansen in Middelburg als Erfinder vergrößernder Gläser**) behauptet.

Feiner als die Abstufung der Empfindung für Belastungen ist die für verschiedene Grade der Helligkeit. Sie läßt sich mit Hülfe der Doppelschatten bemessen. Stellt man nämlich in einem dunklen Zimmer vor eine weiße Tafel zwei brennende Kerzen von gleicher Lichtstärke und zwischen Tafel und Kerzen einen Stab, so wird dieser auf die Tafel zwei Schatten werfen. Dabei ist natürlich der Schatten, welcher dem einen Lichte entspricht, von dem andern Licht beleuchtet. Entfernt man nun eins der beiden Lichter so weit von der Tafel, daß seine Entfernung von dieser zehnmal so groß ist wie die des anderen, dann verschwindet der Schatten, den der Stab von jenem ferneren Licht entwirft, mit anderen Worten, dieses fernere Licht ist nicht mehr stark genug, um durch seine Anwesenheit in der Beleuchtungsstärke, die vom näheren

---

*) Ernst Curtius, Griechische Geschichte, 5. Auflage, Berlin 1878, Bd. I, S. 56.

**) Harting, het mikroskoop.

Licht herrührt, eine Aenderung, einen Zuwachs zu bewirken. Nun weiß man, daß die Lichtstärke einer gegebenen Lichtquelle im Verhältniß des Quadrats der Entfernung abnimmt. Und da das Licht, dessen Schatten nicht mehr bemerkbar ist, von der weißen Tafel zehnmal weiter absteht als das nähere, so ist seine Lichtstärke 10 mal 10 oder hundert mal schwächer als die des letzteren. Folglich wird ein Lichtzuwachs von $^1/_{100}$ der gegebenen Lichtstärke vom Auge nicht mehr als gesteigerte Helligkeit empfunden. (Bouguer und Fechner.)

Jener Unterschied von $^1/_{100}$ steht aber an der Grenze jener Abstufung der Lichtstärke, für welche das Auge empfindlich genug ist um sie wahrzunehmen. Der Schatten verschwindet, wenn sein Helligkeitsunterschied nur $^1/_{100}$ von der Helligkeit des Grundes bebeträgt, auf dem er entworfen wird. So fanden es Volkmann und Aubert. Nur haben diese beiden Forscher bei ausgedehnten Versuchsreihen gefunden, daß während der Unterschied von $^1/_{100}$ bei mäßiger Lichtstärke nicht mehr empfunden wird, der verhältnißmäßige Unterschied bei schwacher Beleuchtung viel größer ($^1/_{66}$ bis $^1/_{40}$) werden muß um erkannt zu werden, während er dagegen bei starker Beleuchtung auf einen viel kleineren Werth ($^1/_{195}$ bis $^1/_{146}$) herabsinken kann und dennoch wahrnehmbar bleibt.

Ist nun durch die Erweiterung, welche Volkmann und Aubert den Grenzen unserer Abstufungsfähigkeit für Lichtempfindungen gegeben haben, das Weber'sche Gesetz in seiner strengen Gültigkeit angetastet, so besteht es doch durchaus zu Recht, insofern alles übereinstimmend lehrt, daß, um naheliegende Eindrücke verschiedener Stärkegrade zu unterscheiden, es nicht auf die einfache Größe des Unterschieds, sondern auf den verhältnißmäßigen Unterschied ankommt. Daher erkennen wir in einem sonst nicht beleuchteten Zimmer die Schatten, die das Mondlicht erzeugt, aber diese verschwinden, wenn wir eine gute Lampe ins Zimmer bringen, obgleich die Lampe zum Mondlicht und zum Mondschatten gleich viel Licht hinzufügt, also der einfache, sogenannte algebraische Unterschied nicht geändert wird, wohl aber der verhältnißmäßige, mit anderen Worten der Abgang des Mondlichts im Schatten wird ein zu kleiner Bruchtheil des Lichtes, welches die Lampe in das Zimmer wirft, um wahrgenommen zu werden. Ebenso ist das Licht der Sterne am Himmel für das Sonnenlicht bei Tage verhältnißmäßig ein zu kleiner Zuwachs, als daß wir bei Tage die Sterne sehen könnten. Dagegen erkennen wir die Schattirungen einer Zeichnung, wenn auch nicht mit gleicher Lebhaftigkeit, doch gleichwohl, wenn wir sie bei verschiedener Lichtstärke betrachten, weil hierbei die verhältniß-

mäßigen Unterschiede zwischen Licht und Schatten sich behaupten.

Es folgt aus allen diesen Erfahrungen als oberster Satz, daß die Stärke der Empfindung langsamer wächst als die Mächtigkeit des Reizes, oder um es ganz greifbar auszudrücken, daß uns zwei gleiche Kerzenflammen nicht den doppelten Lichteindruck von einer einzigen gewähren. Als eine ungefähre Annäherung hat man für die mittleren Stärkegrade der Reizung angenommen, daß die Reizstärke in geometrischem Verhältniß wachsen muß, damit die Empfindung in arithmetischer Reihe zunehme. Aber Weber selber hatte bereits erkannt, daß diese Maaßbestimmung in die Brüche fällt, so wie es sich um sehr schwache oder sehr starke Reize handelt.

Die Erfahrung hat die Schranken des Gesetzes nur immer fühlbarer gemacht. Das Leben entflieht der Formel, nicht weil es der Zahl entzogen wäre, sondern weil seine Zahlen der Ausfluß so vieler wandelbarer Factoren sind, daß jede Untersuchung eines Lebensvorgangs Mißtrauen erregen muß, wenn eisernes Regelmaaß ihr Ergebniß ist. Kein Einfluß läßt sich vereinzeln, kein Factor ausschließlich für sich allein abstufen; deshalb kann die Wirkung einer solchen Abstufung niemals eine ausnahmlos gleichmäßige sein, und ihre Regel kann nur aus großen Zahlen erkannt und abgeleitet werden.

Zunächst wird der Mensch durch die Sinneseindrücke selbst fortwährend verändert. Durch jeden plötzlichen Lichtwechsel wird, wie alle Welt aus Erfahrung weiß, unsre Empfänglichkeit für Lichtunterschiede abgestumpft. Treten wir plötzlich aus einem schlecht erhellten in einen zu hell erleuchteten Raum, so werden wir zunächst geblendet und nur allmälig wird die Netzhaut so zu sagen für das grellere Licht abgestimmt, so daß wir die Gegenstände allgemach deutlich wahrnehmen. Ebenso bequemt sich das Auge nach und nach einer schwachen Beleuchtung an, wenn wir etwa aus hellem Tageslicht in ein mäßig verdunkeltes Zimmer treten. Je länger wir in letzterem verweilen, desto deutlicher tauchen uns die Gegenstände auf. Aubert fand, daß in einem schwach beleuchteten Raum anfangs nur Helligkeitsunterschiede von $^1/_4$ empfunden wurden; nach und nach aber nimmt die Empfindlichkeit in der Ruhe, die das Halbdunkel gewährt, in solchem Grade zu, daß nunmehr das Auge Unterschiede von $^1/_{25}$ auffaßt.

Diese Beweglichkeit des Organismus ist der Grund, warum bei manchen Sinneseindrücken an eine Bewährung des Weber'schen Gesetzes kaum gedacht werden kann. So verhält es sich ganz besonders mit unseren Empfindungen von Wärme und Kälte. Bekanntlich können wir bei sehr verschiedenem Wärme-

grad unserer Umgebung uns mit Rücksicht auf die Wärme, die wir empfinden, behaglich fühlen, so daß wir weder über Wärme, noch Kälte klagen. Unter solchen Umständen sagt man, die Oberfläche unseres Körpers befinde sich hinsichtlich der Wärme auf ihrem physiologischen Nullpunkt, obwohl dieser physiologische Nullpunkt für verschiedene Stellen der Körperoberfläche verschieden ist. Aber noch viel wandelbarer ist dieses Verhalten der Wärme, wenn wir, wie vorhin aus einem hellen in einen dunklen Raum, aus einer wärmeren in eine kühlere Umgebung übergehen. Begeben wir uns aus einem Zimmer, dessen Luftwärme 20° beträgt, in ein solches von 12°, so werden wir zunächst Kälte empfinden; dauern wir aber in letzterem Zimmer aus, dann stellt sich nach und nach der physiologische Nullpunkt wieder her, wir spüren wiederum weder Kälte noch Wärme. Im Großen macht sich diese Abstimmnng unsres Wärmegefühls in den verschiedenen Jahreszeiten geltend, und wir können uns im Winter in einem Zimmer bei 15° so behaglich fühlen, wie im Sommer bei 25°.

Ist nun ein Theil unseres Körpers, ein Finger z. B., auf 36° erwärmt, und befinden wir uns in einem Luftraum bei 15°, dann fühlen wir Wasser von 30°, mit dem wir den Finger in Berührung bringen, warm. Halten wir nun den Finger einige

Zeit in dem auf 30° erwärmten Wasser und zwar in einer recht großen Wassermenge, dann brauchen wir denselben Finger nachher nur in eine Wassermasse von 29° zu tauchen, um Kühle zu empfinden, während wir, wenn wir den Finger sogleich und zuerst in das Wasser von 29° getaucht hätten, Wärme gefühlt haben würden.

Und hier thürmt sich uns eine große, vielleicht unüberwindliche Schwierigkeit in dem Meßverfahren entgegen. Wenn man sehen will, wie sich die Hand gegen Belastungen verhält, kann man mit gar keinem Gewicht, das heißt mit einem wirklichen Null, anfangen und von hier zu dem kleinsten Gewicht übergehen, welches an einer bestimmten Stelle der Hand noch empfunden werden kann. Dieser kleinste Werth, bei welchem die Empfindung so zu sagen über die Schwelle tritt, ist der sogenannte Schwellenwerth für Druckempfindung. Er ist an verschiedenen Stellen der Hand nicht gleich groß, aber an der inneren Oberfläche der Finger kann ein Gewicht von 15 Milligramm, das eine Oberfläche von 9 Quadratmillimeter belastet, als Druck wahrgenommen werden. (Aubert und Kammler.*) Dieses Maaß kommt einem ächten Schwellenwerth gewiß sehr nahe, denn der gesunde

*) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. V, S. 153.

Finger befindet sich unter gewöhnlichen Verhältnissen in einem Zustande der Ruhe, es geht nichts in demselben vor, keine genügende Wärmeschwankung, keine hinlänglich lebhafte Zersetzung, keine merkliche Abänderung der Blutbewegung in seinen Gefäßen, die eine Druckempfindung veranlassen könnte. Jedes Gewicht, das also der Hand aufgelegt wird, ist ein Zusatz zu Null, und das kleinste Gewicht, das an einer gegebenen Stelle Druckempfindung auszulösen vermag, übertritt eben die Schwelle. Wo liegt aber in diesem strengen Sinne die Schwelle für eine Licht- oder Wärmeempfindung? Nicht einmal im Auge herrscht im Dunkeln jene vollkommene Ruhe, die uns gestatten könnte zu behaupten, daß die allerschwächste hinzukommende Lichtwirkung sich zu völliger Lichtlosigkeit, zu einem wahren Nullwerth hinzufüge. Unsre Netzhaut wird zur Lichtempfindung nicht bloß durch das Licht im engeren Sinne gereizt; auch mechanische und elektrische Reize der Netzhaut rufen eine Lichtempfindung hervor. Aber die Netzhaut unterliegt auch im Finsteren von innen dem Druck der Augenflüssigkeiten, von außen dem Druck, den die Sehnen der sich zusammenziehenden Augenmuskeln auf den Augapfel ausüben, und dieser Druck, so schwach er unter Umständen sein mag, wirkt schon wie ein schwacher Lichtreiz, der, weil er auf mechanischem Wege im Auge selbst erzeugt

wird, Anlaß ward, daß man von einem Eigenlicht der Netzhaut spricht. Insofern ist also das Auge, selbst wenn es schwarz sieht, niemals in einem vollkommenen Ruhezustande, und da dies bei jeder auch noch so schwachen Beleuchtung von außen noch weniger der Fall ist, da ferner stattgehabte Reize in der Netzhaut lange nachwirken, so kann von einem durchaus reizlosen Zustande des Auges niemals die Rede sein, mithin auch nicht von einem Schwellenwerth im strengen Wortsinn. Bei der Wärme bezieht sich die Reizschwelle gleichfalls auf einen bereits vorhandenen Wärmezustand der Haut, es kann sich nur Wärme zu Wärme hinzufügen oder Wärme von Wärme abziehen, und der Schwellenwerth für Wärmereize ist immer nur eine bezügliche Größe, gerade so wie der Wärmegrad bei allen Thermometern, die nicht wie der Barometer einen Nullwerth, sondern nur einen willkürlich gewählten Nullpunkt besitzen.

Wenn der Barometer 0° zeigen könnte, wäre wirklich gar kein Luftdruck vorhanden und in beiden Schenkeln des Barometers stände das Quecksilber auf gleicher Höhe. Der Nullpunkt des Thermometers aber ist immer ein Wärmegrad, den Fahrenheit niedriger annahm als Réaumur und Celsius. Nichts berechtigt uns, auch bei derselben Thermometerscala, eine gleiche Zunahme von Wärmegraden in verschie-

denen Höhen der Scala als gleichwerthigen Reiz zu betrachten. Man müßte vielmehr im Stande sein, einer Hautstelle von bekannter Masse gleiche oder verhältnißmäßige Wärmeeinheiten zuzuführen oder zu entziehen, wenn von einer Erforschung des Verhältnisses zwischen Wärmereiz und Wärmeempfindung die Rede sein sollte. Könnte aber auch diese Schwierigkeit im Meßverfahren überwunden werden, so bliebe doch immer, daß die Haut, was Wärmereize betrifft, sich niemals in jungfräulichem Zustande befindet, so wenig wie die Zunge Geschmacksreizen gegenüber. Damit ist aber die Anwendung des Begriffs der Reizschwelle auch für die Erregung durch Wärme und Schmeckstoffe, wie für die durch Lichtreize, ausgeschlossen. Endlich ist dieselbe Behauptung offenbar auch auf das Gehörorgan auszudehnen, da ja, ganz abgesehen von der Außenwelt, in unserm eigenen Körper fortwährend Geräusche erzeugt werden, die wir, wenn sie aus irgend einem Grunde genügend an Stärke zunehmen, wie z. B. gelegentlich die Herztöne in stiller Umgebung, auch deutlich als solche wahrnehmen.

Wir sind also für gewöhnlich gegen den eigentlichen Schwellenreiz schon abgestumpft. Und schon deshalb wird der nächstliegende stärkere Reiz den unbekannten Schwellenreiz verhältnißmäßig mehr übertreffen müssen, als dies in der Breite der mittleren Reizstärken der Fall ist, um überhaupt wahrnehmbar

zu sein. Und dies behauptet sich denn allgemein für die schwächsten Reizgrade in einer Weise, für welche der Vergleich mit dem Eindruck, den kleinste Geldwerthe im Verkehr machen, das Verständniß nahe legt. Zwei Pfennige oder ein Pfennig, drei oder zwei, das macht im Handel und Wandel so wenig Unterschied, daß man an manchen Orten von vornherein eine größere Münzeinheit, etwa den Groschen oder mindestens den Kreuzer verlangt, damit man die Schuldforderung der Mühe Werth finde. Und hier vertritt der Groschen die mittlere Reizstärke, so daß drei oder vier Groschen erheblich verschiedene Werthe oder Reizgrößen darstellen.

Aehnlich nun, wie es allerkleinste Werthe giebt, unter welche der Reiz nicht hinabsinken darf, wenn er überhaupt Empfindung bewirken soll, kann auch die Reizstärke eine Höhe erreichen, über welche hinaus stärkere Reize von ihr nicht mehr unterschieden werden. Wie man den kleinsten überhaupt Empfindung erweckenden Reiz als Schwellenreiz bezeichnet, so kann der stärkste noch als Verstärkung eines schwächeren Reizes wahrnehmbare füglich Gipfelreiz*) genannt werden.

Des thatsächlichen Bestehens eines Gipfelwerthes der Reizstärke kann ein Jeder aus Erfahrung Kunde haben, wenn sich auch nicht ein Jeder dieser Grenze

*) „Reizhöhe". (Wundt.)

bewußt ist. Zweihundert Flintenschüsse bewirken keinen größeren Lärm als hundert, und wer sich des Eindrucks erinnert, den ein Pistolenschuß auf der Bühne erweckt, wird gewiß nicht geneigt sein zu glauben, daß der Donner aus fünfzig Kanonen als Reizgröße in der Empfindung eine verhältnißmäßige Steigerung hervorruft*).

Man kann sich's vorstellen, daß, wenn sich die Reizstärke dem Reizgipfel nähert, ein verhältnißmäßiger Zuwachs im Sinn des Weber'schen Gesetzes einen kleineren Werth wird beanspruchen müssen als in der Nähe der Reizschwelle, damit in der Empfindung eine Zunahme sich geltend mache. Delboeuf weist passend darauf hin, daß wir auf frei schwebender Hand Gewichte unterscheiden, die sich wie 17 : 18 verhalten, daß aber Jemand, dem 50 Kilogramm zu heben schwer fällt, 51 Kilo bedeutend schwerer findet, also nicht 1/17, sondern nur 1/50 Zuwachs bedarf, um das eine Gewicht vom anderen zu unterscheiden. Dies entspricht aber offenbar dem, was oben für den Lichtsinn mitgetheilt wurde, daß nämlich bei stärkeren Lichtreizen der verhältnißmäßige Zuwachs, um als solcher merkbar zu werden, viel kleiner sein darf, als es für mittlere Stärkegrade des Lichts erfordert wird. Und so wie

*) Vgl. die vortreffliche Schrift von J. Delbœuf, Eléments de psycho-physique générale et spéciale, Paris 1883, p. 27, 28.

ein allzu grelles Licht uns blendet in dem Maaße, daß wir gar nichts sehen, so giebt es Menschen, die ein Gewicht von 100 Kilo heben können, während sie dies für 100,5 Kilo schlechterdings nicht zu leisten vermögen.

In dem einen wie in dem anderen Falle ist der Gipfelwerth erreicht oder man ist ihm mindestens sehr nahe gekommen. Reizgipfel aber und Reizschwelle bestimmen die Grenzen der sinnlichen Erregung, für die der Mensch empfindlich ist. Und wenn wir mit Protagoras erkennen müssen, daß der Mensch das Maaß aller Dinge ist, so folgt aus jener Grenzbestimmung unmittelbar der Zusatz: das Maaß aller Dinge für den Menschen.

Aus dem Obigen ergiebt sich aber ferner als oberster Grundsatz, daß wir immer Verhältnisse beobachten, so zwar, daß Unterschiede von genau gleicher Größe nur in beschränktem Maaße erkennbar sind. Wenn wir an Linien, die 5 bis 6 Centimeter lang sind, falls sie in geeigneter Entfernung wagerecht vor uns liegen, einen Längenunterschied von 1 bis 2 Millimeter richtig schätzen, so werden wir uns bei einer Linie von 100 Meter Länge schon um eines Meters Länge irren können.

Nur durch die richtige Auffassung der Verhältnisse wird ein begabtes Menschenkind zum Baumeister oder Bildhauer, zum Maler oder Musiker. Nur dadurch,

daß er absolute und verhältnißmäßige Größen unterscheiden lernt, wird der Naturforscher ein Wissender, der Geschichts- und Rechtskundige ein Staatsmann, und derjenige, der den Gesetzen des großen Gesellschaftslebens, dem Pulse des Menschenverkehrs nachspürt, ein Lenker und Befreier der Menschheit, wenn er es versteht, wie Solon, das Verhältniß zwischen Ordnung und Freiheit zu begreifen.

Zählend gehen wir durch die Welt. Wir zählen nicht bloß unsre Lieben und unsre Habe, wir zählen auch die Luftschwingungen in der Zeiteinheit, indem wir Töne, die Lichtschwingungen, indem wir Farben unterscheiden. Wir sind uns nicht bewußt, daß wir, wenn wir blau und roth von einander unterscheiden, nach Billionen oder beim Auffassen der Töne nach Zehnern und Hundertern zählen. Es war eben Aufgabe der Wissenschaft, das Gesammturtheil, das in der Farben- oder Tonwahrnehmung geschöpft wird, in seine Bestandtheile zu zerlegen. In dem Maaße aber, in welchem die Menschheit in dieser Zerlegung fortschreitet, werden die Eigenschaften, die unsre Sinne verschiedenartig berühren, immer deutlicher als Größenverhältnisse erkannt. Indem sich die Größenverhältnisse verschiedenartig gruppiren und geltend machen, entstehen zusammengesetzte Eigenschaften. Der Klang verschiedener musikalischer Werkzeuge, die menschliche

Stimme mit inbegriffen, unterscheidet sich, insofern der Grundton von verschiedenen Obertönen in verschiedener Stärke begleitet ist, und alle diese Unterschiede sind in Zahlenverhältnissen begründet.

Wiederholen wir also getrost mit Protagoras: der Mensch ist das Maaß aller Dinge, und sich selbst erkennen heißt die Dinge des Weltalls, den Menschen inbegriffen, durch den Menschen, für den Menschen messen.

Wie man sich aber dabei drehen und wenden möge, immer findet man den Gedanken in den Banden der Natur, an Zahl und Maaß gebunden, aus Verhältnissen Gesetze schöpfend, zeitmäßig, zeitfühlend, bedingt und getragen, urwüchsig, aber nicht ursprünglich, kühn aber botmäßig, leuchtend wie ein Sonnenstrahl, jedoch wie ein Sonnenstrahl unvermögend die natürlichen Schranken zu überspringen.

Man hat uns gesagt, und Viele haben es wie eine erlösende Botschaft aufgenommen, daß es uns nie gelingen werde, das Denken aus mechanischen Bewegungen abzuleiten. Es muß wohl so sein, daß dieser Ausspruch für viele Menschen etwas Neues enthielt, aber ebenso sicher ist es, daß diese Menge nicht an die Grenze ihres Denkens gegangen war.

Das Wesen der Frage wird durch jenes — auf meinem Standpunkt muß ich sagen — berüchtigte

ignorabimus nicht berührt. Das Denken oder gar den einzelnen Gedanken aus mechanischen Bewegungen ableiten, würde so viel heißen, als es mechanisch erklären. Aber auf welchem Gebiet der Naturerscheinungen, die kein einfaches Zusammenzählen zulassen, ist an eine solche Erklärung auch nur zu denken? Wir wissen, daß Wasser Kochsalz aufzulösen vermag, Gold aber nicht, jedoch erklärt hat Niemand diese wesenhaften Eigenschaften. Wir kennen die Zusammensetzung des Kochsalzes aus 39,34 Theilen Natrium und 60,66 Chlor, aber Niemand wagt es aus dieser Mischung abzuleiten, daß Kochsalz in Wasser löslich ist, daß es mit Schnee gemischt Kälte erzeugt, in 9 Theilen Wasser gelöst Myosin zu lösen vermag, daß es in den Zellen unseres Körpers spärlich, in den Flüssigkeiten desselben reichlich vorkommt, daß es Bewegung wie Empfindung vermittelnde Nerven erregt, so zwar, daß es durch jene Muskelverkürzung, durch diese Schmerzen bewirkt. Wie diese Erfolge und Verhältnisse aus einer nach festen Zahlen gebildeten Mischung von Chlor und Natrium abzuleiten sind, davon hat Niemand eine Ahnung, höchstens weiß es der Eine besser als der Andere zu erzählen, zu umschreiben, zu übersehen, und doch zweifelt Niemand, daß die Eigenschaften oder Wirkungen des Kochsalzes an jene bestimmte Verbindung von Chlor und Natrium

zusammengehörig gebunden sind, daß kein anderer Körper alle jene Eigenschaften und Wirkungen mit dem Kochsalze theilt, wenn seine Zusammensetzung der des Kochsalzes auch noch so ähneln mag.

Wir haben es gelernt, ein Werthverhältniß zwischen mechanischer Kraft und Wärme zu ermitteln, welches uns erlaubt mit Wärme zu rechnen, als wenn es Arbeit wäre, so daß wir Wärme- und Arbeitseinheiten zusammenzählen können, und dennoch würde man scheitern, wenn man es versuchen wollte, die Arbeit aus Wärme oder umgekehrt diese aus jener im Sinne einer mechanischen Erklärung abzuleiten, wie man dies für das Gedankenleben und moleculäre Hirnthätigkeit verlangt. Aber kein Unterrichteter kann es bezweifeln, daß jede Wärmeentwicklung mit mechanischer Arbeit einhergeht, jede mechanische Arbeit Wärme entwickelt, und daß für jeden Bruchtheil Wärme, die entwickelt wird, ein verhältnißmäßiger Theil der Arbeit als solche ausfällt, um als Wärme zu Tage zu kommen.

Jeder Schüler in der Naturbeschreibung erkennt aus der Vertheilung der Blattnerven, ob eine Pflanze mit einem oder mit zwei Samenlappen keimt, ob sie zu den Monocotyledonen oder Dicotyledonen gehört. Jene haben Blätter mit parallelen, diese mit baumförmig verzweigten, oft netzartig zusammenhängenden Adern. Es handelt sich um zwei in die Augen fallende

Merkmale, deren Zusammengehörigkeit man nicht in Frage stellen kann, die entweder mittelbar von einander oder von einer gemeinsamen Ursache abhängen. Weil aber diese Ursache nicht erkannt ist, müssen wir deshalb annehmen, daß ein unsichtbarer Geist mit Aderschrift auf die Blätter geschrieben hat, ob sie zweisamenlappigen oder einsamenlappigen Pflanzen angehören? müssen wir etwa auf den Gedanken kommen, daß eine Kluft die Entwicklung der Samenlappen von der Bildung der Blattadern trennt?

Das, worauf es ankommt, ist die nothwendige Zusammengehörigkeit. Sie erlaubt uns mit Sicherheit zu erwarten, daß der elektrische Strom, der einen Eisenstab umkreist, diesen magnetisch macht, wie in der Rinde unseres Hirns moleculare Bewegung Gedankenthätigkeit voraussetzt. Wie das Eisen unter der Einwirkung des elektrischen Stroms magnetisch wird, hat uns Niemand gesagt, wie Niemand in den Zellen der Hirnrinde die Entstehung des Gedankens gelesen hat. Aber naturbedingt, und zwar stofflich bedingt ist das Denken im Hirn wie das Magnetischwerden im Eisen. Das Eisen ist nur insofern bevorzugt, als es im Zustande der Härte, als Stahl, noch eine Zeit lang magnetisch bleibt, wenn auch der elektrische Strom es nicht mehr umkreist, während das Denken unerbittlich aufhört, wenn der Blut-

strom und mit ihm die moleculäre Thätigkeit im Hirn erlischt.

Denn das Denken erfordert Blut, so gut wie jede andere Thätigkeit im Körper; das Denken ermüdet so gut wie Muskelanstrengung, es setzt sinnliche Erregung voraus und kostet Zeit, es ist anders im Liegen als im Stehen, anders nach einem Glase Wein als in der Nüchternheit, anders, wenn wir müde und trübselig sind, als in frischer heiterer Stimmung, immer aber an jene endlich ausgedehnte Hirnthätigkeit gebunden, die den Kopf zum Menschen macht.

XIX.

Der Wille.

Ducunt volentem fata, nolentem trahunt. Seneca.

Ob das Blatt einer Pflanze eirund oder rautenförmig, ganzrandig oder fiederspaltig ist, läßt Jedermann abhängen von Ursachen der Entwicklung, zu welchen sich die Gestalt des Blatts als eine nothwendige, von jeder Willkür unabhängige Folge verhält.

Wenn es eine Biene giebt, die ihre Eier mit Rosenblättern, eine andere Bienenart, welche dieselben mit Blättern des wilden Mohns bedeckt, während eine dritte sie mit Steinchen ummauert; wenn wir hören, daß beinahe jede Spinnenart ein anderes Gewebe spinnt, wenn der Lemming von Skandinavien seinen Vorrath in einem Bau aufspeichert, der nur aus Einer Kammer besteht, während der Hamster einen vielkammerigen Bau verfertigt, dann schreiben wir diese Wirkungen einem Instinktgesetze zu. Auch hier wird eine Folgerichtigkeit zwischen Ursache und Wirkung zugestanden, die seltsamer Weise schon oft dazu ver-

anlaßt hat, dem Thier, wenn auch nur augenblicklich, einen Vorzug vor dem Menschen einzuräumen, weil der Instinkt vor vielen Verirrungen schützt.

Der Mensch soll über dem Thiere stehen, weil er das Instinktgesetz erkennt. Das Thier, so sagt man, bedarf des Schutzes jener Erkenntniß, bedarf der Vernunft nicht, weil es durch den Instinkt vor den Verführungen des Sinnenreizes gesichert, vor den Regungen eines widerstrebenden verkehrten Willens behütet sei. Zugleich wird der widerstrebende, verkehrte Wille als höchste Gabe des Menschen gelobt und als die Eigenschaft bezeichnet, von welcher alle sittlichen Vorzüge und alles, was dem Menschen heilig ist, hergeleitet werden müssen.

Für die niederen Stufen des Willens giebt man dessenungeachtet zu, daß sie Menschen und Thieren gemein sind, und lange war die Eintheilung beliebt, nach welcher sich die Thiere von den Pflanzen durch willkürliche Bewegung unterscheiden sollten. Zwischen Menschen und Thieren blieb dann nur der Unterschied, daß jene durch einen höheren Grad des Bewußtseins vor diesen ausgezeichnet seien.

Was ist denn aber das Bewußtsein oder, um das stolze Wort der Schule zu gebrauchen, jenes Selbstbewußtsein, das den Menschen zum König der Erde erheben soll?

Stoffliche Bewegungen, die in den Nerven mit elektrischen Strömen verbunden sind, werden in dem Gehirn als Empfindung wahrgenommen. Und diese Empfindung ist Selbstgefühl, Bewußtsein.

In dem Schulunterricht über das Denken wird strebsamen Köpfen die Auffassung gewöhnlich deshalb erschwert, weil sich die Schule nicht dazu verstehen kann, die Bildung von Urtheilen, Begriffen und Schlüssen an der bestehenden, frischen Wirklichkeit zu entwickeln. So wenig es gelingt, so eifrig bestrebt man sich doch, dem Schüler einzuimpfen, daß er seine Blicke wegwenden muß vom grünen Baum, daß er das Denken abziehen muß vom Stoff, um ja recht abgezogene Begriffe zu bekommen, mit denen das gequälte Hirn in einer Schattenwelt sich bewegt.

Gerade so geht es mit den in der Schule gangbaren Vorstellungen vom Bewußtsein. Da soll sich nur der Lehrling nicht beikommen lassen, daß es ein einfaches Verhältniß gebe zwischen Bewußtsein und Außenwelt. Der Mensch, heißt es, hat die Fähigkeit, sein Ich als ein Erkennendes den äußeren Gegenständen entgegenzusetzen, und darin liegt das Selbstbewußtsein, das den Menschen über alle Thiere adelt. Dies aber ist noch viel zu klar. Die Klarheit darf nur scheinbar sein. Und jetzt wird der Gegensatz zwischen dem Ich und dem Ding an sich mit allen Fetzen aus der

alten Rumpelkammer von der Wirklichkeit abgezogener Begriffe behängt. Nur gar zu häufig wird das Ziel erreicht, den klaren Begriff in ein geweihtes Geheimniß zu verwandeln, oder, deutlich gesprochen, dem armen Schüler

„wird von alle dem so dumm,
„Als ging' ihm ein Mühlrad im Kopf herum".
. . . .
„Und in den Sälen, auf den Bänken
„Vergeht ihm Hören, Seh'n, und Denken."

Die ganze Sache ist sonnenklar, wenn man sie nicht mit Kunst verdunkelt. Das Ding an sich ist nur mit, ist nur durch seine Eigenschaften, durch seine Verhältnisse zu anderen Dingen, durch seine Eindrücke auf meine Sinne. Der denkende Mensch ist die Summe seiner Sinne, wie das Ding, das wir beobachten, die Summe seiner Eigenschaften ist. Darum ist die Erkenntniß des Menschen durch die Sinne beschränkt. Aber diese Schranke umschließt das volle Maaß des Dinges, weil das Ding nur mit einem gleichartigen Maaß zugleich gemessen werden kann. Andere Geschöpfe finden andere Summen. Der Mensch ist durchaus in seinem Recht, wenn er sich um die Erkenntniß, wie sie im Hirnknoten des Insekts oder im Hirn etwaiger Mondbewohner sich spiegelt, nicht kümmert. Der Mensch ist berechtigt zu sagen: Das Ding an sich ist das Ding für mich.

Offenbar setzt die Empfindung ein Verhältniß unserer Sinneswerkzeuge zu den Dingen voraus. Noch bestimmter: die Empfindung ist ein Verhältniß der Sinne zu den Dingen. Und damit ist es überhaupt gegeben, daß wir unser Ich den einwirkenden Dingen entgegensetzen.

Das Selbstbewußtsein ist nichts Anderes als die Fähigkeit, die Verhältnisse der Dinge zu uns zu empfinden.

Je häufiger unsere Sinnesnerven den Eindruck stofflicher Bewegung erlitten, je mehr wir gehört und gesehen, beobachtet und geurtheilt, begriffen und erschlossen haben, je reicher unser Denken, desto lebhafter wird der Gegensatz zwischen dem Ich und dem Ding außer uns. Die Uebung hebt das Bewußtsein. Das Bewußtsein wächst mit der Erkenntniß. Es bekommt um so deutlicher das Gepräge eines ursprünglichen Einzelwesens, je schärfer die sinnliche Wahrnehmung sich gliedert.

Darum geht die Entwicklung des Bewußtseins Hand in Hand mit der Entwicklung des Denkens. Das sehen wir in der Reihe der Thiere und in den Lebensaltern des Menschen. Das Kind lebt in den ersten Monaten beinahe unbewußt, ohne Erinnerung seiner Zustände und der Dinge, die auf dasselbe einwirken. Bei Thieren und Menschen ist das Bewußt-

sein nicht der Art, nur dem Grade nach verschieden. Und dieser Unterschied kann unermeßlich groß, er kann freilich auch ganz außerordentlich klein sein. Immer aber wird es Gelehrte geben, die, wie Condorcet von den Doctoren zu Voltaire's Zeiten schreibt, der Furcht leben, daß, wenn die angebornen Anschauungen wegfallen, der Unterschied zwischen ihrer Seele und der der Thiere nicht mehr groß genug sein werde*).

Es bedarf der häufig wiederholten Einwirkung, um die Empfindung als klares Bewußtsein festzuhalten. Das Bewußtsein läuft jedoch immer auf Empfindung hinaus. Wir sprechen dem Thier Bewußtsein ab, wenn es aufhört zu empfinden.

Also ergiebt sich auch das Bewußtsein als eine Eigenschaft des Stoffs.

Das Bewußtsein hat seinen Sitz nur im Gehirn, weil nur im Gehirn die Empfindung zur Wahrnehmung kommt. Das Bewußtsein fehlt, wenn das Gehirn kein Blut mehr enthält oder wenn eine Ueberfüllung mit schwarzem aderlichen Blut seiner regelmäßigen Thätigkeit eine Grenze setzt. Geköpfte Thiere und Enthauptete haben keine Empfindung und kein Bewußtsein, trotz der eigenthümlich zusammenwirken-

---

*) Vergl. F. C. Schlosser, Geschichte des achtzehnten Jahrhunderts. Heidelberg 1843, 3. Auflage, Bd. I, S. 524.

den Bewegungen, welche Thiere nach der Köpfung vollführen können.

Jobert de Lamballe hat eine höchst merkwürdige Beobachtung gemacht an einem Mädchen von einigen zwanzig Jahren, bei welchem durch einen Druck auf den obersten Theil des Rückenmarkes dieses Gebilde in seiner ganzen Ausdehnung unthätig geworden war. Sowohl die Bewegung wie das Tastgefühl war vollständig gelähmt in allen Gliedern und am Stamm. Aber das Bewußtsein war erhalten. Anfangs konnte das Mädchen noch leise ja und nein sagen, bald darauf nicht mehr, obgleich es deutlich die Lippenbewegungen vornahm, welche das Aussprechen jener Wörter erfordert. Die Kranke starb nach einer halben Stunde.

Es kann somit das ganze Rückenmark in Unthätigkeit versetzt werden, ohne daß das Bewußtsein leidet.

Aus dem Gehirn und Rückenmark entspringen an verschiedenen Stellen Nervenbündel, die an ihrer Ursprungsstelle gewöhnlich entweder nur empfindende oder nur bewegende Fasern enthalten. In den Centraltheilen der Nervengebilde, das heißt im Hirn und Rückenmark, aber auch in vielen Stämmen der Nerven, nachdem sie eine gewisse Entfernung von den Centraltheilen erreicht haben, legen sich bewegende und empfindende Fasern dicht neben einander.

Eindrücke, die eine Empfindung hervorrufen, werden von dem Umkreis des Körpers nach Rückenmark und Hirn geleitet. Die empfindenden Fasern leiten rückläufig gegen die Centraltheile.

In den Centraltheilen der Nervengebilde überträgt sich der Reiz, der eine empfindende Faser getroffen hat, durch Vermittlung von Nervenzellen auf eine bewegende. Und indem eine stoffliche Veränderung sich in den Bewegungsnerven nach dem Umkreis des Körpers in die Muskeln fortpflanzt und die Muskelfasern zur Verkürzung veranlaßt, sagt man: die bewegenden Fasern leiten rechtläufig.

Man bezeichnet also die Leitung von der Mitte gegen den Umkreis als rechtläufig, die vom Umkreis gegen die Mitte als rückläufig. Obgleich die Leitung in der Wirklichkeit für die empfindenden Fasern gewöhnlich rückläufig, für die bewegenden rechtläufig ist, darf man aus dem physikalischen und physiologischen Verhalten der Nerven mit großer Wahrscheinlichkeit schließen, daß sowohl in den bewegenden, wie in den empfindenden Fasern die Leitung nach beiden Seiten möglich ist.

Trifft nun ein Reiz eine empfindende Faser am Umkreis des Körpers, dann wird derselbe als eine stoffliche Veränderung in die inneren Theile der Nervengebilde fortgepflanzt.

Hierbei sind aber zwei Fälle möglich. Entweder der Reiz war der Art, daß er als Empfindung in das Gehirn fortgepflanzt wurde, und wir werden uns seiner bewußt; oder die stoffliche Veränderung wird zwar nach Rückenmark und Hirn fortgeleitet, jedoch ohne als Empfindung im Hirn zur Wahrnehmung zu kommen, ohne daß wir uns ihrer bewußt werden.

In beiden Fällen kann die Reizung der empfindenden Fasern bewegenden Fasern mitgetheilt werden. Sind wir uns, bevor die Bewegung vollzogen wird, des Eindrucks im Gehirn bewußt, dann nennt man die Bewegung eine willkürliche. Dagegen bezeichnet man sie als eine übertragene Bewegung im engeren Sinne*), wenn die Fortpflanzung von der empfindenden Faser auf die bewegende geschieht, ohne daß der Reiz als Empfindung bewußt geworden ist, oder bevor dies geschah.

Wir begegnen zum Beispiel einem Bekannten; sein Bild erzeugt elektrische Ströme in der Nervenhaut des Auges und macht den Netzhautpurpur verblassen, die stoffliche Veränderung pflanzt sich in das Hirn fort, wir erkennen den Freund, und wir grüßen, nachdem wir uns des Eindrucks bewußt geworden sind, durch sogenannte willkürliche Bewegung. Dagegen

---

*) Reflexbewegung.

denke man sich in einer Gesellschaft, die Leute um den Tisch versammelt. Es tritt Jemand ein, der ein Mitglied des Kreises kennt und begrüßt. Dieser erwiedert den Gruß mit etwas auffälligen Bewegungen. Und unwillkürlich, unbewußt beginnen wir durch ähnliche Bewegungen mit zu grüßen. Das ist eine übertragene, eine sogenannte unwillkürliche Bewegung.

Beide Arten von Bewegung sind aber nichts weniger als scharf von einander abgegrenzt. Im Licht verengert sich das Sehloch der Regenbogenhaut im Auge, während es sich im Dunkeln erweitert. Wir kitzeln Jemand im Schlaf, und er macht abwehrende Bewegungen ohne aufzuwachen. Ein starker Knall schreckt einen Schlafenden auf, und manchmal erfährt er erst nachher, daß Lärm ihn weckte. Das sind alles übertragene, unbewußte Bewegungen, die vollführt werden, noch ehe das Licht oder Dunkel, der Kitzel oder der Knall als Empfindung deutlich wahrgenommen wurden. Aber man zählt es auch zu den übertragenen Bewegungen, daß wir niesen, wenn wir in die Sonne sehen, daß wir das Augenlid gewaltsam schließen, wenn eine Mücke oder ein Sandkorn ins Auge fliegt, daß wir lachen, wenn wir wachend gekitzelt werden. Und doch sind dies alles bereits Uebergänge zu der bewußten und willkürlichen Bewegung. Wir sind uns des starken Eindrucks des Sonnenlichts, der reizenden

Wirkung der Mücke und des Kitzels häufig eher bewußt, als wir zum Niesen, zum Blinzeln, zum Lachen gezwungen werden. Je unerwarteter wir Jemand kitzeln, desto sicherer lacht er, desto sicherer erfolgt also die Uebertragung auf die Nervenfasern, welche beim Lachen Bewegungen der Athem- und Antlitzmuskeln veranlassen.

Die letztgenannte Erscheinung verdient einen allgemeinen Ausdruck. Es wird nämlich in allen Fällen um so leichter ein Reiz von empfindenden Fasern auf bewegende übertragen, je mehr das Bewußtsein in den Hintergrund tritt. Deshalb entleeren Kinder in der Nacht viel leichter als bei Tag den Harn, deshalb erleiden Männer im Schlaf Samenverluste, ohne darum zu wissen. Deshalb plagt uns der Husten oder, wenn wir an Abweichen leiden, das Bedürfniß zu Stuhl zu gehen, vorzugsweise in der Nacht und weckt uns aus dem Schlafe. Und wir können alle möglichen übertragenen Bewegungen an geköpften Thieren viel leichter hervorrufen als bei solchen, die mit dem Gehirn das Bewußtsein noch besitzen. Frösche, die geköpft sind, springen, wenn sie gereizt werden, auf dem Tisch herum; wenn man sie in eine Schüssel mit Wasser bringt, erheben sie sich häufig auf den Rand; Stücke eines zerschnittenen Aals hüpfen aus dem Kessel.

Um es mit einem Worte zu sagen: zwischen der sogenannten willkürlichen und der übertragenen Bewegung besteht kein anderer Unterschied als der, daß der Reiz, welcher Bewegung erzeugte, mehr oder weniger, oder an der äußersten Grenze auch gar nicht, zum Bewußtsein kam. Nicht dadurch werden wir uns des Reizes bewußt, daß er von empfindenden Fasern auf bewegende übertragen wird und in Folge dessen Bewegung hervorruft, sondern dadurch, daß die empfindende Faser den Eindruck des Reizes bis zum Ort der Empfindung, bis zum Gehirn mit gehöriger Stärke fortpflanzt.

Ein vortreffliches Beispiel für den allmäligen Uebergang von der rein übertragenen zu der sogenannten willkürlichen Bewegung liefert uns der Mensch, wenn wir ihn zwischen Schlafen und Wachen im Bette beobachten. Es giebt nur wenige Menschen, die schlafend viele Stunden hinter einander in derselben Lage verharren. Nach kürzerer oder längerer Zeit dreht sich der Schlafende um, sei es, weil ein Druck ihn belästigt, in einem Körpertheil der Kreislauf behindert war, das Athmen in einer unbequemen Stellung nicht frei von Statten ging, irgend ein Körpertheil zu warm geworden. Aber der Schlafende schläft fort, indem er sich umdreht, er ist sich weder der Thatsache, daß, noch des Grundes, warum er sich

umdrehte, bewußt. Höchstens bewirkt ein störender Reiz, etwa das Angezogenwerden seiner Halsbinde, ungeheuerliche Traumvorstellungen, in deren Folge die Lagenveränderung vorgenommen ward. Diese aber ist eine unbewußte, scheinbar grundlose, in Wirklichkeit aus unerkannten Gründen ausgeführte, eine übertragene Bewegung.

Wenn aber der Reiz, der schmerzhafte Druck, die Wärme, die Behinderung des Kreislaufs oder des Athmens einen höheren Grad erreicht, dann erwacht der Schläfer, er wendet sich im Bette um und weiß, daß er sich umwendet, er weiß aber nicht warum und verwechselt seine Unwissenheit, seine Achtlosigkeit mit Willkür. Er vollführt die Bewegung mit seinem Willen, aber ein großer Entschluß ist dabei gewöhnlich nicht im Spiele.

Ein solcher Entschluß setzt schon stärkere Reize voraus. Nehmen wir an, daß der kaum Erwachte ein Bedürfniß gewahrt, dem er nach kurzer Ueberlegung sein Erwachen zuschreibt. Vielleicht hat er Durst, er möchte trinken; aber er liegt so gut, behaglich warm; um nach dem mit Wasser gefüllten Glase zu reichen, muß er sich rühren, der Kälte aussetzen, sich vollends aus dem Schlaf reißen. Er versagt sich, wenn der Durst nicht heftig ist, den Trunk, er bleibt liegen und schläft wieder ein.

Wie aber, wenn ein peinliches Bedürfniß ihn weckt? wenn er etwa Harn lassen muß? In dieser Noth bestehen die meisten Menschen, zumal des Winters, einen Kampf, der sie mächtig über das Wesen ihres Willens belehren könnte. Man ist seit kurzem erwacht, und bald verspürt man, daß es der Harndrang war, der uns weckte. Ein noch wenig erzogenes oder ein faules Kind bleibt liegen, und einer unbehaglichen Ueberschwemmung fällt die Rolle zu, seine Erziehung um etwas zu fördern. Aber auch der Erwachsene kann sich oft nicht entschließen, sich den kosenden Decken zu entwinden und den Zauber des Halbschlafs zu brechen; er hofft wohl gar die lästigen Empfindungen, die ihn zur Bewegung auffordern, besiegen, die Schleimhaut seiner Blase und Harnröhre zu größerer Verträglichkeit, den Schließmuskel seiner Blase zu größerer Kraftanstrengung zu erziehen, seine Eingeweide zu gewöhnen, den Drang zu überwinden, bis er sich eines Besseren besinnt und einsieht, daß es um den ruhigen Schlaf geschehen ist, wenn er fortdämmert. Nun springt er auf und befriedigt sein Bedürfniß, aber es ist klar, daß der Reiz des Harns in der Harnblase erst seinen Widerstand und stille Wünsche, dann nach und nach Ueberlegung hervorlockt, und daß der Wille aufzusitzen an dem Gängelbande der Empfindung, des Widerstands, der Wünsche, des Nachsinnens erwachte, daß

die betreffende Bewegung, trotzdem Bewußtsein und Wille ins Spiel kamen, eine übertragene Bewegung war.

Wenn die Uebertragung durch Empfindung deutlich bewußt wird, dann nennen wir die Bewegung eine willkürliche.

Aber diese Bewegung ist wie jede andere mit der Erzeugung eines elektrischen Stroms in Muskeln und Nerven verbunden. Du Bois-Reymond hat bewiesen, daß in dem Arm, den wir zusammenziehen, ein elektrischer Strom von der Hand gegen die Schulter gerichtet ist. In der Regel ist dieser Strom im rechten Arm stärker als im linken.

Der elektrische Strom, der eine Ablenkung der Magnetnadel hervorbringt, entsteht nur in Folge stofflicher Zustände der Nerven, welche durch Reize, durch sinnliche Eindrücke hervorgebracht werden. Ohne eine solche Veränderung in den Nervengebilden, und zwar im Hirn, kommt eine willkürliche Bewegung nicht zu Stande.

Jene Veränderung kommt aber von außen.

Die Veränderung steht als Wirkung im geraden Verhältniß zu dem Reiz, der als Ursache einwirkt.

Aus diesem durchaus beweisenden Grunde ist die Bewegung nicht der Ausfluß eines sogenannten freien Willens.

Der Wille ist vielmehr nur der nothwendige Aus-

druck eines durch äußere Einwirkungen bedingten Zustandes des Gehirns.

Ein freier Wille, eine Willensthat, die unabhängig wäre von der Summe der Einflüsse, die in jedem einzelnen Augenblick den Menschen bestimmen und auch dem Mächtigsten seine Schranken setzen, besteht nicht.

Ich habe absichtlich einen Beweis geführt, ohne erst durch Wahrscheinlichkeitsgründe vorzubereiten oder meine Aufgabe zu erleichtern. Jetzt will ich zeigen, daß alle Einwürfe abprallen an der Richtigkeit jenes Beweises, ich will den Bedenken ihren Stachel nehmen, ich will vor Allem ausführen, daß ich mit den obigen Sätzen nichts Neues lehre, sondern einer Ueberzeugung Worte leihe, die mehr oder minder klar, mehr oder minder gerne von der ganzen gebildeten Menschheit getheilt wird.

Den meisten Menschen wird es schwer, sich die Naturnothwendigkeit ihres Daseins und ihrer Handlungen klar zu machen, weil sie nicht bedenken, daß jeder Eindruck auf Ohr und Auge eine körperliche Einwirkung, eine Bewegungserscheinung ist, welche stoffliche Veränderungen nach sich zieht, weil sie übersehen, daß jeder Trunk, jeder Bissen das Blut und damit die Nerven verändert, daß jeder Luftzug, jede Veränderung des Dunstkreises, jeder Lichtstrahl auf die Hautnerven oder das Auge einwirkt und diese Wirkung fortleitet bis in das Hirn.

Ein Freund, der uns bewillkommnet, der durch Leid oder Freude unsere Theilnahme erregt, durch eine vertraute Mittheilung unser Urtheil, unsere Begriffe, unsere Schlußfolgerung spannt, beherrscht uns Hirn und Nerven. Das stammelnde Kind versteht nur den Ton der Worte und anfangs selbst diesen nicht, es freut sich und lächelt über den ernsten Ton der Stimme wie über den scherzenden. Allmälig lernt es die Worte zu Vorstellungen verbinden, und die stoffliche Veränderung in seinen Nerven pflanzt sich fort in das Hirn, so daß es urtheilen und Antheil nehmen muß.

Wir lesen ein gutes Buch. Das Nachdenken über eine treffende Bemerkung ist eine ebenso nothwendige Folge der Eindrücke, die das Auge erleidet, wie das Schauergefühl, das uns bei erhabenen, ergreifenden Schilderungen eines großartigen Unglücks befällt. Darum denken wir auch nicht durch eine Willensthat. Wir werden sehr allmälig durch die Sinne zum Denken erzogen. Das Kind muß schon oft etwas gesehen oder gehört haben, bevor es die einzelnen Eindrücke mit einander vergleicht und zu einem Urtheile verbindet. Noch später greift es das Gemeinsame zweier und mehrer Urtheile zusammen zum Begriff. Zuletzt lernt es nach Begriffen schließen.

In schöner Gegend sind wir angeregt. Wenn

der Eindruck mächtig ist, wenn ein armer Bewohner sumpfiger Thäler die Alpen besteigt, wird er gleichsam sich selbst entrissen und vergißt Stunden, Tage lang alle früheren Verhältnisse zur Außenwelt. Wie oft zieht er dahin in der Absicht zu arbeiten, zu schaffen, und er kommt beim besten Willen nicht dazu, weil die Eindrücke, welche die großartige Natur auf ihn macht, zu mächtig sind, um ihm für etwas Anderes Sammlung zu lassen. Die Stimmung ist die nothwendige Folge, sie ist die ganz verhältnißmäßige Wirkung der sinnlichen Eingriffe. Und auch der Dichter kann seinem Schaffen nicht befehlen.

Eine Musik erweckt Sehnsucht; Vanille, Eier, Glühwein rufen Begierden wach; ein dunkler, wolkenschwerer Himmel, wassergeschwängerte Luft drückt uns nieder und raubt uns die Schnellkraft zur Arbeit.

Und wann sind wir jemals ohne den Einfluß sich unablässig drängender, oft zahlreich auf uns einstürmender Eindrücke, die in stofflichen Bewegungen aufgehen? Wie unendlich oft greifen die Wirkungen durch so leise Schattirungen in einander, daß wir uns der einzelnen Bedingung nicht bewußt werden, die doch, wie ein vom Bogen entschossener Pfeil, sich fort und fort bewegt bis an das Ziel, das neuer Veränderung Ursprung ist.

Im Winter, nach Gewittern, auf hohen Bergen

erfrischt uns die Luft. Aber im Winter und auf hohen Bergen hat der Sauerstoff eine andere Bewegung als im Thal und in der Schwüle des Sommers. Schönbein nennt solchen Sauerstoff erregt und fand seine Menge größer im Winter, auf Bergen und nachdem ein Gewitter die Lüfte gereinigt hat. Der denkende Baseler Forscher lehrte den letzteren Ausdruck wörtlich verstehen. Denn jener vom Licht erregte Sauerstoff zerstört die organischen Verbindungen, die als flüchtige Giftstoffe die Luft verderben, und natürlich, je reichlicher er vorhanden ist, desto vollständiger.

Faulende Leichname können die Luft verpesten. Wir merken es, wenn wir in die moderige Luft einer Kirche kommen, die noch vor kurzer Zeit als Begräbnißstätte im Gebrauch war. In einer Stadt, die innerhalb ihrer Mauern Kirchhöfe besitzt, bemerkt die Nase den Fäulnißgeruch nicht. Aber dieselben Stoffe, die wir in großer Ansammlung riechen, gehen nichtsdestoweniger in Luft und Wasser über. Sie äußern ihre Wirkung auf den Körper um so unfehlbarer, als sie in Luft und Wasser die allerunerläßlichsten Bedingungen des Lebens vergiften. Denn was in großer Menge die Luft verpestet, das hört nicht auf, sie zu verderben, weil die Wirkung auf die Nase geschwächt wird. Und Niemand kann bestimmen, wie oft die Ausdünstungen eines Kirchhofs im warmen Sommer

Faulfieber erzeugten. Niemand kann es mit Sicherheit widerlegen, wenn ihm ein Dritter die Meinung äußert, daß Kirchhöfe in einer Stadt das Denken verzögern. In Mainz heißt ein hoch liegender Theil der Stadt noch heute die goldene Luft, weil er im Jahre 1666 von der Pest verschont blieb.

An einem hell erleuchteten Tage fühlen wir uns erfreulich gestimmt, zur Arbeit angeregt, es wächst unser Muth, auch wenn es uns nicht erspart bleibt, der Erde Weh zu tragen. Aber seit dem Jahre 1855 ist es mir gelungen, durch zahlreiche Versuche, zunächst an Fröschen, zu erweisen, daß der thierische Organismus im Licht kräftiger athmet, mehr Kohlensäure ausscheidet als im Dunkeln*). Und zwar bewirkt das Licht diesen tief greifenden Einfluß nicht nur vermittelst des Auges, es wirkt auch durch die Haut auf den thierischen Stoffwechsel ein. In einer langen Versuchsreihe habe ich, mit Fubini, dem jetzigen Professor der Physiologie in Palermo, zusammen arbeitend, jene Entdeckung in ihrem ganzen Umfang bestätigt. Insbesondere fanden wir auch beim Sper-

*) Jac. Moleschott, über den Einfluß des Lichts auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure, Wittelshöfer's Wiener medicinische Wochenschrift, 1855, 27. Oktober, und Annales des Sciences naturelles, Zoologie, 4. série, Tome IV, p. 209—224.

ling, bei der Wanderratte, bei der Haselmaus, also bei Vögeln und Säugethieren, die Athemthätigkeit durch Licht gesteigert, wie es nach meiner ältesten Untersuchung Selmi und Piacentini für die Turteltaube, die Henne und den Hund, Chasanowitz für Meerschweinchen, Robert Pott für die Hausmaus, Otto von Platen für Kaninchen gefunden haben*).

Schon in meiner ersten Arbeit ist der Nachweis geführt, daß diese Wirkung des Lichtes unabhängig von der Wärme erfolgt. Bei den warmblütigen Thieren, bei Vögeln und Säugethieren, wirken Licht und Wärme sogar in entgegengesetztem Sinne, das Licht die Menge der ausgehauchten Kohlensäure steigernd, die Wärme sie mindernd. Der Einfluß der Wärme kann demnach den des Lichtes ausgleichen, aber bei gleicher Wärme wird im Lichte mehr Kohlensäure ausgehaucht und, wie von Platen hinzugefügt, mehr Sauerstoff aufgenommen als im Dunkeln.

Ich konnte aber gleichfalls schon im Jahre 1855 hinzusetzen, daß die Menge der durch Haut und Lungen ausgehauchten Kohlensäure um so mehr zunimmt, je

---

*) Vgl. Moleschott und Fubini, über den Einfluß gemischten und farbigen Lichtes auf die Ausscheidung der Kohlensäure bei Thieren, in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. XII, wo von S. 266—285 die Geschichte dieser Untersuchungen erzählt wird.

stärker der Grad des Lichtes ist, genauer gesagt, je größer die chemische Wirkung des Lichtes ist, das auf die Frösche einwirkt. Und dieses Auf- und Abwogen der ausgeschiedenen Kohlensäure je nach der kleineren oder größeren chemischen Wirksamkeit des Lichtes habe ich mit Fubini bei höheren Thieren durchaus bestätigt gefunden.

Bei bewölktem Himmel athmen die Frösche im Licht nicht mehr Kohlensäure aus als im Dunkeln. (Moleschott.)

Hand in Hand mit dem stärkeren Einflusse eines chemisch wirksameren Lichtes geht die Thatsache, daß blau-violettes Licht die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure stark vermehrt, rothes dagegen wenig und bei gewissen Thieren gar nicht.

Blau-violettes Licht und rothes vermehren bei Vögeln und Säugethieren die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, blau-violettes ungefähr ebenso stark wie weißes, rothes viel weniger stark. (Moleschott und Fubini.)

Bei Fröschen ist blau-violettes Licht verhältnißmäßig ebenso wirksam, rothes dagegen wirkungslos. (Moleschott.)

So erklärt sich denn die von Pettenkofer und Voit im Jahre 1866 gemachte Erfahrung, nach welcher der Mensch Nachts während des Schlafes weniger

Kohlensäure ausscheidet als während der strengsten Ruhe bei Tag.

Fubini aber gebührt das große Verdienst, nachgewiesen zu haben, daß auch die menschliche Haut im Licht mehr Kohlensäure aushaucht als im Dunkeln*).

Der Mensch athmet also anders in der Nacht als bei Tage, bei trübem Himmel als bei hell leuchtender Sonne, im rothen Morgenlicht als in den blauen Strahlen des Abends.

Wir sind in einem Meere kreisender Stoffe vom Augenblick der Zeugung an. Und schon das neugeborene Kind ist ein Ergebniß zahlreicher Ursachen und nimmer ruhender Schwankungen des Stoffs, das nicht etwa angeborene Anschauungen, aber fertige Anlagen mit auf die Welt bringt, an welchen viele Geschlechter gearbeitet haben. Vom Vater des Urgroßvaters an bis auf seinen Vater ist Vesal einem Geschlechte ausgezeichneter Aerzte entsprossen, und auch der Bruder des Begründers der Zergliederungskunde des Menschen war von einer so unwiderstehlichen Neigung zur Naturwissenschaft getrieben, daß ihn die Eltern nicht zur Rechtsgelehrsamkeit zu zwingen ver-

*) S. Fubini und F. Ronchi, über die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen. Moleschott's Untersuchungen Bd. XII, S. 9 und folg. 1877.

mochten. Riehl hat in seinem lehrreichen Buch über die bürgerliche Gesellschaft daran erinnert, daß „man gerade zu einer Zeit, wo man am meisten „über den Geburtsadel spottete, dem Stammbaum „Sebastian Bach's mühsam nachgeforscht hat; eine „lange, stolze Ahnenreihe der kernhaftesten Kunstmeister „kam zu Tage, und mit Recht schrieb man diesem „künstlerischen Geburtsadel ein gut Theil der aus„zeichnenden Eigenthümlichkeiten des seltenen Mannes „zu" *). Horace Vernet hatte in gleichem Sinne einen edlen Stammbaum aufzuweisen, und wie leicht ließen sich diese Beispiele vermehren!

So ist der Mensch die Summe von Eltern und Amme, von Ort und Zeit, von Luft und Wetter, von Schall und Licht, von Kost und Kleidung. Sein Wille ist die nothwendige Folge aller jener Ursachen, gebunden an ein Naturgesetz, wie der Planet an seine Bahn, wie die Pflanze an den Boden. Wir sind ein Spiel von jedem Druck der Luft**).

Wenn uns Jemand anredet und wir antworten ihm, wenn ein Schmerz uns trifft, so daß wir aufschreien, dann ist das Wort, das wir sprechen, der Schrei, den wir ausstoßen, mit Nothwendigkeit erzeugt

---

*) Riehl, die bürgerliche Gesellschaft, S. 123.

**) „Sind wir ein Spiel von jedem Druck der Luft?" Goethe's Faust, erster Theil. Faust in Gretchens Zimmer.

durch Anrede und Schmerz. Aber auch wenn wir nicht antworten mögen, wenn es uns gelingt, den Schrei zu unterdrücken, steht die Wirkung in geradem Verhältniß zu der oft sehr zusammengesetzten Ursache, welche sie hervorbringt. So viel steht fest, daß wir den Athem anhalten, um den Schmerz zu mäßigen, weil das mit Kohlensäure überladene Blut die Schmerzempfindlichkeit unseres Hirnes abstumpft, gerade so wie mächtiges Athmen die Wollustgefühle erhöht.

Kein Wort ist irriger, als daß wir nach Belieben den Schmerz ruhig ertragen oder durch eine Bewegung nach außen verrathen können. Wir beißen auf die Lippen, schneiden fratzenhafte Gesichter, stampfen mit dem Fuß auf, heben die Augenbrauen, wir wimmern, klagen, schreien, oder auch wir verziehen keine Miene, alles je nach der Heftigkeit des Schmerzes, je nach dem Grad des Widerstandes, den wir einem gegebenen Reize zu einer bestimmten Zeit entgegenzusetzen haben. Das Kind schreit nie ohne Ursache. Es hat Hunger, Unlust oder Schmerz. Die Unlust mag von einem unbefriedigten Verlangen oder von Unwohlsein herstammen, immer entspricht die Bewegung des schreienden Kindes genau der stofflichen Ursache, die Hunger, Unlust, Schmerz bedingt.

Wer sich selbst beobachtet, hat in kleinen und großen Dingen fortwährend Gelegenheit die ursächliche

Bedingtheit seines Willens zu erfahren. Da geht man eines Wintertags über die Straße. Man hält eine Zeitung unter dem Arm, man hat sie ausgelesen, und es wäre bequem sie statt unter dem Arm in der Tasche mit sich zu tragen. Um aber das Blatt in die Tasche zu stecken, muß man die Hand herausziehen oder gar den Rock aufknöpfen, und man fürchtet die Kälte. Und nun beginnt der Kampf zwischen Belästigung und Kältefurcht, bis wir etwa überlegen, daß die Kälte einen Augenblick und die unbequeme Art das Zeitungsblatt zu tragen den ganzen Weg dauert, und unter den zwei Beweggründen, die auf uns einwirken, trägt die Belästigung den Sieg davon, wir stecken endlich die Zeitung in die Tasche.

Ein ander Mal gehen wir in eine Versammlung, ein Professor in eine Facultätssitzung oder ein Bürgervater in den Stadtrath. Der Mann hat eine ehrliche und feste Ueberzeugung und er will sie gerecht und nachdrücklich vertheidigen. Trotzdem nimmt er sich unterwegs vor, nicht nur ruhig und höflich, sondern sogar sanft zu sein, er will Niemanden vor den Kopf stoßen, die gerechte Sache soll mit dem Beifall der Freunde und ohne Unwillen der Gegner siegen. Aber in der Sitzung zeigen die da Freunde sein sollten Lauheit und falsche Rücksichten, die Feinde Arglist und Beschränktheit. Dem Anwalt der guten Sache

fängt es an zu jucken. Ein vertrauter Freund, der ihm zur Seite sitzt, flüstert ihm zu, man müsse sich nicht ärgern, man müsse sich bloß so stellen als ob man böse sei. Nun kommt es auf Seiten der Gegner zur Verschwörung. Sie merken, daß sie in einer künftigen Sitzung siegen könnten, wenn sie noch einige Vertreter des Rückschritts zusammenrufen, die heute fehlen. Der Präsident, vielleicht ist es der Bürgermeister, der aller Unparteilichkeit zum Hohn auf ihrer Seite steht, will sich den Kopf bedecken und die Sitzung sprengen. Nun wird es dem Manne, der mit den sanftesten Absichten in die Sitzung ging, zu toll, er erglüht vor Zorn und hält eine leidenschaftliche Rede, er sprüht Beredsamkeit: die Lahmen werden warm, die Unparteiischen überzeugt, und zuletzt siegt die gute Sache mit Hülfe des Zorns ihres eifrigsten Verfechters, der gelassen bleiben wollte, aber gegen seinen Willen in Heftigkeit entbrannte. Wo bleibt hier freier Wille?

Es giebt aber Fälle — und es sind nicht die wenigst lehrreichen — in welchen der Mensch glaubt nach freier Wahl zu handeln und im Grunde nicht einmal weiß, was er thut, indem er nur im Bausch und Bogen einem Antrieb folgt. Was weiß der Knabe von der Spannung seiner Stimmbänder oder selbst von einem kräftigeren Stoß der ausgeathmeten Luft,

wenn er einen hohen Ton zu treffen sucht? Ein Lesender, dem ein Buch mit kleiner Schrift in die Hand gefallen ist, sucht gutes Licht, er nähert das Buch dem Auge, verengt die Sehlöcher, zieht die zarten Muskeln im Innern seines Auges zusammen, welche die vordere Fläche der Krystallinse im Auge stärker wölben, er dreht die Gipfel seiner Hornhäute nach der Nase, so daß sich die Gesichtslinien schneller begegnen, aber von allen diesen Dingen, die auf Befehl seines Willens ausgeführt werden, hat er, wenn er nicht wissenschaftlich gebildet ist, kaum eine Ahnung; er glaubt einem freien Entschlusse Geltung zu verschaffen, kleine Schrift zu lesen; wenn es hoch kommt, bemerkt er, daß er das Buch näher hält als bei gewöhnlicher Schrift; von all den anderen Bewegungen weiß er nichts, er hat gar keine Vorstellung davon, daß sich sein Auge der feinen Schrift anpaßt, und ebensowenig ahnt er, daß das Auge dies that, weil sich auf seiner Netzhaut, so lange er das Buch zu fern hielt, und die inneren und äußeren Muskeln seines Auges unthätig waren, verwaschene Bilder der kleinen Buchstaben entwarfen. So ahnt kein Greis, der abends beim Lesen immer stärkeres Licht verlangt, daß er es fordern muß, damit sein durch grelles Licht verengertes Sehloch die Zerstreuungskreise, die seine hart gewordene Krystallinse nicht mehr beseitigen kann, kleiner

mache und er von den Buchstaben weniger verwaschene Bilder auf seine Netzhaut empfange. Und der Reisende, der in unseren Dampfwagen das Buch so weit als möglich vom Auge hält, ist sich's nicht bewußt, daß er dies thun muß, damit er nicht bei jedem Stoße des Wagens, bei jeder Erschütterung, die er selbst erleidet, die Anpassung des Auges ändern müsse und so die inneren Muskeln des Auges ermüde. Er thut was ihm frommt, er weiß vielleicht kaum, daß er es thut, und doch wähnen viele Menschen in solchen Fällen frei, d. h. ohne Ursache zu handeln, und sind wohl gar ihrer Unwissenheit froh und stolz, weil sie nicht merken, daß Naturnothwendigkeit sie regiert.

In diesen und ähnlichen Fällen folgt der Mensch gleichsam unvermerkt dem Zügel, den ihm seine physische Natur anlegt, und eben weil er es unvermerkt thut, ohne zu ahnen, wie er es thut, schiebt er den Glauben an freien Willen an die Stelle jenes Zügels.

Aber es geschieht auch das Umgekehrte. Häufig ist die Willensanstrengung so groß, die Aufmerksamkeit so gespannt, die Erwartung so vorbereitet, daß die Willensäußerung gegen unsere Absicht gebunden ist. Dies ereignet sich z. B. wenn wir auf einen bestimmten Reiz, der sich öfters wiederholt, ein Zeichen geben sollen, während wir es nicht geben sollen, wenn

sich in die Reihenfolge der gleichen sich wiederholenden Reize ein anderer Reiz einschiebt; es begiebt sich dann gewöhnlich, daß man auch auf den ungleichartigen Reiz dasselbe Zeichen giebt, obwohl man im Augenblicke, indem man es thut, schon weiß, daß man es nicht geben sollte und es folglich nicht geben möchte.

Dieselbe Spannung oder Ueberspannung der Aufmerksamkeit trägt Schuld am Versprechen, Verschreiben, Verspielen. War es beim irrigen Zeichengeben ein Erinnerungsbild, das uns reizte, beim Versprechen, Verschreiben, Verspielen ist es gewöhnlich ein Zukunftsbild, das uns beherrscht, so daß wir uns übereilen und einen Accord früher spielen als er vorgeschrieben ist, oder ein Wort vor der Zeit in die Feder fließen lassen.

Es kommt vor, daß uns das Bild der Person, mit der wir reden oder in deren Gegenwart wir erzählen, lebhafter beschäftigt als dasjenige des Abwesenden, von dem wir erzählen, woraus dann eine seltsame Namensverwechslung hervorgeht. Ich weiß von einem Bekannten, der bei dem berühmten Anatomen Tiedemann in Heidelberg zu Gast geladen war. Es kam die Rede auf einen durch seine Eitelkeit bekannten Lehrer der Hochschule, der mit aller Welt von Australien bis Kanada, von Peking bis

St. Franzisco in Californien Briefe wechselte und aller Welt davon erzählte. Es wurden schnurrige Geschichtchen aufgetischt, um sich an jener Eitelkeit zu ergötzen, und als der Erzähler glaubte genug zum Besten gegeben zu haben, schloß er mit dem Ausruf: ja, wenn man auch so eitel ist wie Tiedemann — er sprach den Namen seines Gastherrn aus statt jenes des abwesenden gefeierten Hochschullehrers, was um so toller war, als Tiedemann gar nicht eitel, aber sehr stolz war. Das Bild des Gegenwärtigen, und es war ein edles Bild, wirkte auf den Erzähler mächtiger ein als das des Abwesenden, es zwang ihn sich zu versprechen.

Es ist gewiß nicht immer gleich leicht die Erregung ausfindig zu machen, welche dem Willen seine Richtung gab, aber dem Aufmerksamen gelingt es doch recht oft. Ich werde wohl nicht der einzige sein, der eine ausgezeichnete Sängerin auf dem Klavier begleitend, mit aller Hingebung von dem Wunsche beseelt, es gut zu machen, auf einmal das Begleiten vergißt, weil die Schönheit des Gesanges, vielleicht auch die Herrlichkeit des Tonsatzes mich überwältigte.

Wie ernst nimmt uns das tägliche Leben in die Schule, um uns die Schranken, in denen sich unser Wille bewegt, ins Gedächtniß zu rufen. Welcher gute Mensch wäre nicht bestrebt, im Verkehre mit Vorge-

setzten artig, mit Untergebenen geduldig, mit Freunden liebenswürdig, mit Feinden gerecht und anständig zu sein? Und wer wüßte es nicht aus Erfahrung, daß häufig alle diese guten Vorsätze scheitern, wenn im Drange überhäufter Arbeit, in der rastlosen Treibjagd der Pflichten des Tages, durch die Aufregung, die eine große Verantwortlichkeit uns auferlegt, die Reibungen uns reizen, denen Niemand entgeht, der bei einer mühsamen und zielschweren Arbeit auf die Mithülfe Anderer angewiesen ist?

Ganz unübersehbar ist die Zahl der Fälle, in denen die Gewohnheit unseren Willen zügelt, ganz gegen unsere Absicht, und obgleich gar kein äußeres Hinderniß unser Thun beherrscht. Jeder kennt das von einem neuen Kleidungsstück, das auf irgend eine Weise, etwa beim Zuknöpfen, anders behandelt werden muß als das zuletzt vorher getragene; es dauert viele Tage, ehe man sich daran gewöhnt hat, das neue Kleidungsstück nach seiner Art zu behandeln.

Ich kenne einen Arzt, der die gute Gewohnheit hat, wenn er in seiner Behausung einen Kranken beräth, das Ergebniß seiner Untersuchung und den ertheilten Rath kurz aufzuschreiben. Kommt es dabei zu einer Arzneiverordnung, dann schreibt er diese zunächst auf's selbe Blatt und, um möglichst abzukürzen, bedient er sich dabei, wo es angeht, chemischer Formeln.

Dann erst schreibt er die Verordnung für den Kranken auf und diese natürlich in Worten aus der Apotheker-sprache. Kommt es nun einmal vor, daß er die Verordnung für den Kranken ausnahmsweise zuerst niederschreibt, um sie nachher auf das für ihn selbst bestimmte Blatt aufzunehmen, dann ertappt er sich häufig darauf, daß er, ganz gegen seine Absicht, für den Apotheker in chemischen Formeln, statt in kunstgerechten Worten schreibt, er hat sich eben gewöhnt, bei dem ersten Entwurf der Verordnung sich chemischer Formeln zu bedienen. Es ist in etwas verfeinerter Art ganz dasselbe, wie wenn wir im Anfang des neuen Jahres Tage lang die Zahl des vorigen schreiben, oder außerhalb unseres gewöhnlichen Wohnorts den Namen dieses fälschlich für die Herkunft eines Briefes angeben.

Und was man so gewöhnlich Versehen nennt, beruht in der Regel auf einem Wettstreit der Bilder, in welchem das falsche, das nicht gewollte, den Sieg davon trägt.

Im Jahre 1858, vor nunmehr sechsundzwanzig Jahren, als ich mich, wenn nicht für einen Jüngling, doch sicher für einen Jünger hielt, besuchte mich in Zürich der hochberühmte Karl Ernst von Baer, den die Entwicklungsgeschichte der Säugethiere so gern als ihren Vater preist. Leider war ich nicht

zu Hause. Ich wohnte in dem sehr bekannten Hause zum Schwanen am Mühlibach. Die Dienerin giebt mir Baer's Karte, und darauf steht seine Adresse: „zum Schwanen". Damals gab es in Zürich keinen anderen Schwan, als den meinigen. Und als ich sehnsüchtig verlangend von einem Wirthshause zum anderen zog, um den edlen Altmeister auszukundschaften, da fand ich ihn endlich „zum Storchen", und meine Anrede lautete ganz natürlich, ich hätte nie geglaubt, daß ein so gefeierter Thierkenner einen Schwan mit einem Storchen verwechseln könnte.

Eine der höchsten Thaten freier Willensbestimmung scheint gegeben, wenn der Naturforscher einen Versuch anstellt. Aber der Versuch ist Folge eines Gedankens und der Gedanke eine Bewegung des Stoffs, welche selbst die Folge einer sinnlichen Wahrnehmung ist. War die sinnliche Wahrnehmung genau und so vollständig, wie sie überhaupt geübten menschlichen Sinnen möglich ist, dann wird der Gedanke richtig, der Versuch vernünftig und, wie jede gute Antwort auf eine vernünftige Frage, das Ergebniß des Versuchs ein brauchbares sein. Denn wie man im Leben kenntnißreiche und sammlungsstarke Menschen zunächst an ihren verständigen Fragen erkennt, so wird die Vernunft des Naturforschers vorzugsweise durch die Vernünftigkeit seiner Versuche gemessen. Aber der Versuch ist

die nothwendige Folge seiner Entwicklung. Der Versuch ist also kein Ausdruck einer unabhängigen Willensregung; der Drang zum Versuch gehorcht vielmehr einem festen Gesetze, das alle geistige Thätigkeit an stoffliche Zustände bindet.

Man wird mit Recht bemerken, daß der Versuch nicht bloß von der Entwicklung des Naturforschers abhängt, sondern in sehr wesentlicher Weise auch von den Mitteln und Werkzeugen, deren er zur Anstellung des Versuchs bedarf. Denn das Goethe'sche:

„Und was sie Deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst Du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben,"

ist nur richtig in dem Sinn, der soeben umschrieben wurde. Hebel und Schrauben nützen allerdings erst, wenn vorausgegangene sinnliche Wahrnehmungen dem Hirn des Menschen einen vernünftigen Gedanken offenbart, eine gute Frage eingegeben haben. Aber ohne Hebel und Schrauben, ohne Zink und Kupfer, ohne Vergrößerungsglas und Messer, und vor allen Dingen ohne Maaß und Gewicht vermag der forschende Gedanke nichts. Nun liegen freilich diese Mittel und jene Entwicklung des Naturforschers gar häufig in verschiedenen Händen. Dann bleibt der Gedanke eine Zeitlang ein Wunsch, ohne zum Willen erstarken zu können. Bald aber überflügelt die Entwicklung des strebsamen Forschers den Standpunkt desjenigen, der

die Waage hat und den Tiegel, ohne sich ihrer zu bedienen. Die Entwicklung wird ein Mittel, die Werkzeuge zu erwerben. Entwicklung und Werkzeuge schaffen den vernünftigen Versuch als unausbleibliche Folge ihrer Vereinigung.

Rede und Styl, Versuche und Schlußfolgerungen, Wohlthaten und Verbrechen, Muth und Halbheit und Verrath, sie alle sind Naturerscheinungen, sie alle stehen als nothwendige Folgen in geradem Verhältniß zu unerläßlichen Ursachen, so gut wie das Kreisen des Erdballs.

Man spricht von geschichtlicher Wahrheit, von dichterischer Lebenstreue, und verwirft einen Roman, ein Gedicht, das den Charakter seines Helden von unrichtigen Voraussetzungen ableitet oder aus richtigen falsch entwickelt. Solche Schöpfungen fehlen gegen die Entwicklungsgesetze der Menschheit. Sie leisten den Forderungen der höchsten Wahrheit, der anerkannten Folgerichtigkeit von Ursache und Wirkung kein Genüge. Es wäre Unsinn von dichterischer Wahrheit zu reden, wenn das Wollen des Menschen losgebunden wäre von den Schranken ursächlicher Bedingtheit. Eben deshalb konnte S c h i l l e r im Wallenstein sagen:

„Hab' ich des Menschen Kern erst untersucht,
So weiß ich auch sein Wollen und sein Handeln*).

*) Wallensteins Tod, 2. Aufzug, 3. Auftritt.

Es würde im Allgemeinen die Bedingtheit des menschlichen Wollens leichter erkannt werden, wenn man der Veränderlichkeit des Einzelwesens besser Rechnung trüge.

In jedem Augenblicke unseres Lebens erleiden wir die Wirkung eines Eingriffs, haben wir Reize erlitten. In diesem weitesten Sinne sind wir also immer gereizt, wir befinden uns den von außen kommenden Einwirkungen gegenüber niemals im jungfräulichen Zustande.

Mit anderen Worten das Leben entwickelt sich nur, es besteht nur durch Reize. Für das Einzelwesen beginnt die Reizung in dem Augenblick, in dem die Samenfäden auf das mütterliche Eichen einwirken, sie endigt, wenn unser letzter Hauch das Erbtheil von Liebe fühlbar macht, das wir unseren Theuern hinterlassen. Die Reizung steigt und sinkt, niemals bleibt unser Zustand derselbe. Unser Blut bereichert sich oder verarmt, unser Hirn und unsere Muskeln befinden sich bald in besserer, bald in schlechterer Ernährung, in dieser Stunde belebt uns der Sauerstoff, in einer anderen dämpft uns die Kohlensäure, die unser Blut überströmt. Die Blutwellen, die siebzigmal und häufiger in der Minute unser Hirn durchsetzen, bringen ihm nicht nur beständig Ersatz für die

Bestandtheile, welche die Hirnthätigkeit aufzehrt, und den Sauerstoff, ohne welchen in kurzer Frist unser Bewußtsein erlischt, jede Blutwelle giebt auch einer Anzahl von Nervenzellen einen mechanischen Anstoß, der um so mächtiger ist, je mächtiger das Herz klopft und je weiter die zuführenden Blutgefäße des Hirns geöffnet sind. Denn bald strömt das Blut reichlicher zum Hirn, bald zu den Muskeln, bald zum Magen oder zu der einen oder der anderen Drüse unseres Körpers, zu jenen Drüsen, an deren Thätigkeit der Geschlechtstrieb, die Blutbildung, die Mauser und die Ausscheidung der Rückbildungsstoffe unseres Leibes gebunden sind.

Allein schon die stets wechselnde Blutvertheilung an die verschiedenen Organe macht, daß wir niemals von Viertelstunde zu Viertelstunde dieselben sind.

Diese Betrachtung ergiebt, daß zu jeder neuen Wirkung, die von außen kommt, schon eine vorhergehende, die am Organismus haftet, sich hinzufügt. Die Blutwelle, von welcher oben die Rede war, erregt auch unsere Sinnesorgane, so daß sich dieselben niemals im Zustande vollkommener Ruhe befinden. Mag die Netzhaut im Dunkeln auch noch so wenig gereizt sein, sie ist doch nicht ohne alle Empfindung, und dieser Zustand innerer gedämpfter Empfindung hat dazu veranlaßt, daß man von einem Eigenlicht der Netzhaut spricht.

So ist das Ohr beständig in einem Wellenmeer von Geräuschen und Tönen gebadet, von denen wir uns keine Rechenschaft geben, die aber eine Stimmung hervorrufen, auf welche das gesprochene Wort oder eine Melodie, die unser Trommelfell schwingen macht, wie auf etwas schon vorher Gegebenes, Bedingtes und Bestimmendes einwirkt. Die Zunge schmeckt sich selbst, bevor der Geschmackssinn durch Speisen, Würzen und Getränke neu erregt wird. Und die Nase trägt in ihrer eigenen und in ihren Nebenhöhlen Riechstoffe mit, die, wenn sie sich auch nicht unserer Wahrnehmung aufdrängen, doch nicht gleichgültig sein können für die Wirkung, welche neue Riechstoffe hervorbringen.

Unsere Haut ist kalt oder warm, je nach der Umgebung, in der wir uns befinden. Ist die Luft, die uns umgiebt, warm, dann wird eine, die um einige Grade weniger warm ist, uns kühl erscheinen, während uns diese letztere durch ihre Wärme belästigen kann, wenn wir aus einem noch kühleren Raum uns in dieselbe begeben. Diese verschiedene Wirkung eines Wärmeleiters von gegebener Wärme auf unsere Hautnerven läßt sich am anschaulichsten darthun, wenn man die Bedingungen herbeiführt, in welchen dasselbe Wasser der einen Hand warm, der anderen kalt erscheint. Dazu braucht man nur an einem kalten Wintermorgen in nicht geheiztem Zimmer mit einer

Hand unter den Decken, mit der anderen außerhalb derselben zu ruhen. Bringt uns dann Jemand ein Becken mit Wasser von 30°, dann wird dies jener Hand kühl und dieser warm erscheinen. Ist aber die ganze Haut durch ein kaltes Bad abgekühlt, dann haben sich die Blutgefäße der Haut verengt; nach einer kurzen Weile erweitern sich diese Gefäße in einem gesunden Menschen, es strömt mehr Blut in die Haut und diese erwärmt sich von innen und von außen, was man mit dem Namen der Gegenwirkung oder des Rückschlags*) zu bezeichnen pflegt.

Und was sich im Empfindungsleben begiebt, offenbart sich nicht minder deutlich in unseren Bewegungen. Als Delboeuf den Gang der Ermüdung der menschlichen Muskelkraft studiren wollte, fand er nur die in den Morgenstunden angestellten Beobachtungen brauchbar, weil die Nachmittags gewonnenen durch den Gang der Verdauung mit so vielen Schwankungen behaftet waren, daß sich keine Regel geltend machte. Tausendfach und allgemein bekannt sind in dieser Beziehung die Wirkungen der Verlegenheit, welche die Gegenwart vieler, fremder und mitunter auch der uns zunächst stehenden Menschen hervorbringt. Nicht leicht giebt es aber ein meßbareres Beispiel dafür, als ich an zweien meiner Gehülfen wahrnahm, wenn sie an

---

*) Reaction.

sich selber den sogenannten Lebensinhalt*) ihrer Lungen bestimmten. Der betreffende Versuch besteht darin, daß man nach möglichst tiefer Einathmung so viel Luft, als man nur immer kann, ausathmet und den Raum dieser Luft, die in einen schwimmend erhaltenen Behälter**) eingetrieben wird, mißt. Vor der Vorlesung, wie man zu sagen pflegt: unter uns, kam der eine dieser Gehülfen, der jetzige Professor Cajo Peyrani in Parma, leicht auf 4500 Kubikcentimeter, während der mittlere Werth in unseren Landen nur etwa 3300 beträgt. Wenn aber Peyrani den Versuch eine halbe Stunde später in der Vorlesung, in Gegenwart der Zuhörer wiederholte, konnte er kaum über 4000, also etwa 500 Kubikcentimeter weniger austreiben. Und Aehnliches habe ich an Attilio Battistini hier in Rom erlebt.

Aber nicht nur unsere Kraft, auch unser Urtheil wird durch die Macht der Umstände gefangen genommen. Wenn wir aus einer Reihe nahezu gleicher Gewichte deren zwei mit einander vergleichen, dann begehen wir natürlich häufig einen Fehler, und es sind vielfach solche Versuche angestellt worden, um den sogenannten mittleren Fehler seiner Größe nach zu bestimmen. Von vorneherein könnte man glauben,

---

*) Vitalcapacität. Hutchinson.

**) Spirometer.

daß man das zweite Gewicht bald zu groß, bald zu klein schätzen wird. Dem ist aber nicht so. Man neigt vielmehr zu einer gegebenen Zeit dazu, das zweite Gewicht immer zu groß, und zu einer anderen Zeit, es immer zu klein zu wählen, eine Veränderlichkeit des Menschen, die wir mit Wundt ganz passend als einen wechselnden Stand des Bewußtseins bezeichnen können.

Dieser Fall ist zu vergleichen mit dem veränderlichen Unterschied zwischen den Kundzeiten zweier Beobachter, den die Astronomen ihre persönliche Gleichung nennen*). In der Regel nämlich ist der eine Beobachter dem anderen um einige Hundertstel einer Secunde voraus, und der Unterschied pflegt sich für kurze Zeitabschnitte ziemlich beständig zu erhalten. Jedoch ein einziger Tag kann genügen, um in diesem Unterschied eine Aenderung zu bewirken, deren Größe bei Wolfers und Nehus 22 Hundertstel einer Secunde betragen konnte. In dreizehn Jahren aber stieg die Veränderung in der persönlichen Gleichung zwischen Main und Robertson auf 85 Hundertstel, d. h. auf beinahe eine ganze Secunde**).

Man könnte den Menschen mit einer Uhr ver-

---

*) Vergl. oben S. 359, 360.

**) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, Leipzig 1880, 2. Ausgabe, Bd. II, S. 274, 275.

gleichen, die bald um einige Hundertstel einer Secunde vor, bald nach geht.

Die Veränderungen, welche in dieser Beziehung die Ermüdung mit sich bringt, sind Jedermann bekannt. Sie werden häufig mit der Gewöhnung verwechselt.

Wer dicht am Meere wohnt, kommt nach und nach dazu, selbst in der Nacht das Rauschen der Wogen nicht mehr zu hören, wie der Bewohner einer Mühle das Klappern nicht mehr bemerkt, wohl aber die Unterbrechung desselben.

Starren wir ein weißes Blatt Papier anhaltend an, dann erscheint es uns nach und nach grau.

Und wenn die Sinne übermäßig gereizt werden, dann schlägt die Ermüdung in Unthätigkeit oder Schmerz und Ekelgefühl um.

So blendet uns ein allzu grelles Licht, ein dröhnendes Geräusch betäubt uns; zu große Wärme oder Kälte löst keine Temperaturempfindungen mehr aus, sie erzeugt Schmerzen; eine versalzene oder übermäßig süße Speise ekelt uns; aufdringliche Gerüche können Uebelkeit und Kopfschmerz bewirken. Blendung, Betäubung, Schmerz, Ekel, Uebelkeit sind Beispiele der Ermüdung, die durch Ueberreizung der Sinnesnerven zu Wege gebracht wird.

Aber die Müdigkeit greift störend in unsere Urtheile und Willensregungen ein.

Unsere einfachsten Urtheile werden durch die Müdigkeit beeinflußt. Wir erkennen z. B. die verschiedene Stärke zweier Gehöreindrücke merklich sicherer, wenn der stärkere Schall auf den schwächeren folgt als umgekehrt. Wenn wir müde sind, wird uns schon das einfache Lesen mit den Augen erschwert, um wie viel mehr das Lesen eines schwierigen Tonstücks oder die Beurtheilung eines mikroskopischen Präparats.

Und wenn es auf die Willensleistungen ankommt, dann greift die Müdigkeit nur desto störender ein. Wenn wir müde von einem weiten Gange nach Hause kommen, können wir uns kaum entschließen, von unserem Sitze aufzustehen. Wie oft kommt es vor, daß wir in einem Augenblick, in dem wir durch Arbeit überreizt sind, einen Gefallen abschlagen, es ablehnen einen Dienst zu erweisen, während es uns nach kurzer Ruhe leid thut, ungefällig oder undienstfertig gewesen zu sein.

Bei etwas verwickelten Anstrengungen hat es Jedermann erfahren, um wie viel die Müdigkeit sein Können herabdrückt. Wer in einer fremden Sprache so weit gekommen ist, daß er sich mit einer mäßigen Gewandtheit in derselben auszudrücken versteht, wird sich eine Viertelstunde lang ihrer ziemlich geläufig bedienen, aber mit jeder Minute, welche die Unterhaltung länger dauert, fühlt er seine Redefertigkeit in bedenklicher Weise sinken, bis sie endlich geradezu

ins Stocken geräth und die einfachsten, gebräuchlichsten Worte nicht mehr zur rechten Zeit einfallen.

Aber ähnlich der Müdigkeit wirken eine Menge anderer Einflüsse lähmend auf die Willensregung ein.

Nicht bloß die abgethane, auch die vorgehabte Arbeit kann uns in einen Zustand der Reizbarkeit versetzen, die unsere Willfährigkeit in hohem Grade beeinträchtigt. Wir sagen dann, daß wir Eile haben, und wir wundern uns über einen ungeschickten Bettler, der unseren eiligen Schritt um ein Almosen zu hemmen sucht, während man doch täglich erlebt, daß ganz gescheidte und gebildete Menschen ihre Anliegen vereiteln, weil sie es einem mit Arbeit überhäuften Menschen in übel gewählter Stunde vorbrachten.

Ein heftiger Schreck raubt uns nicht selten im ersten Augenblick den Willen zu fliehen oder zweckmäßige Rettungsmaaßregeln zu ergreifen. Und wenn es heißt, wir seien vor Bewunderung verstummt, was bedeutet es anders, als daß uns sinnliche Eindrücke so mächtig ergreifen können, daß sie unseren Willen gefangen nehmen?

Die Leichtigkeit des Verkehrs und das Erreichen unserer Wünsche hängen zuallermeist davon ab, daß wir es lernen, mit der Gebundenheit des Willens unserer Mitmenschen zu rechnen, nicht damit wir ihn unbescheiden überraschen oder mit schnöder Lästigkeit

ihm ablocken, was er uns nicht gewähren soll, sondern damit wir für die gute Sache oder berechtigte Wünsche den guten Augenblick benützen, damit die Willfährigkeit unseres Freundes oder Vorgesetzten den möglichst geringen Widerstand zu überwinden habe.

Grundsätzlich ist das bekannt genug, aber wie oft beweist der Mensch die Gebundenheit seines Willens, indem er in der Anwendung den Grundsatz vernachlässigt.

Vernachlässigt man ihn doch so häufig, wenn man unmittelbar selbst im Spiele ist, und die Arbeitsregelung wäre in der Gesundheitslehre nicht geringerer Aufmerksamkeit werth als Luft und Nahrung. Nicht alle Hochschullehrer sind so liebenswürdig, wie es der greise Tiedemann war, der guten Schülern rieth, sie möchten in den letzten vierzehn Tagen, bevor sie eine Prüfung zu bestehen hätten, so wenig arbeiten wie nur immer möglich, lieber noch ganz ausruhen, damit sie an dem entscheidenden Tage in aller Frische ihr Licht leuchten lassen könnten.

Wer eine hehre Pflicht zu erfüllen hat, der sollte bedenken, daß nicht bloß die Arbeit, das Studium, die Uebung zur Vorbereitung für eine wichtige Leistung gehören, sondern nicht minder das Ausruhen, das da nöthig ist, damit man zu rechter Zeit über seine beste Kraft gebieten könne. Und wenn in Zukunft irgend

einer meiner Leser diesen Rath befolgt, so wird er's thun, weil er seinen Werth erkannt und erfahren hat, und er wird nicht glauben, daß er damit seinem „freien Willen“ die Zügel schießen läßt.

Ueberhaupt gilt es, wo es nur immer angeht, der Stimmung Rechnung zu tragen, wenn man dem Leben seinen besten Werth abgewinnen will. Und dafür giebt es keinen besseren Meister als Goethe für den, der ihn in all seinen Schriften mit offenen Augen fleißig liest. Er gab uns das vortreffliche Wort:

„Hast du zur schlechten Stund' geruht,
Ist dir die gute doppelt gut“.

Nur daß die Stimmung nicht bloß durch Müdigkeit bedingt wird. Sie ist nicht nur das Ergebniß vom Licht und Wetter, von der Nahrung und Arbeit, von den Erfolgen und Begegnungen, von den Reibungen und Nachrichten des heutigen Tages. Unsere Stimmung hängt an der Nabelschnur unserer ganzen Vergangenheit, unserer physischen, sittlichen und geistigen Entwicklung, all unserer früheren Thaten und früheren Erlebnisse. Die Tragweite eines jeden Factors zu berechnen, genau zu verfolgen, wo die Bergwelle des einen durch die Thalwelle des anderen geebnet wird, und wo sich im Gegentheil die Bergwellen einander steigern, zu bestimmen, was eine traurige Musik, die uns vielleicht nicht einmal klar

zu Herzen dringt, ein schönes Gebäude, ein Bild, ein flüchtig Wort über uns vermag, das ist natürlich unsäglich schwer, ja vielleicht ganz unmöglich. Aber jeder Eindruck hinterläßt eine unauslöschliche Spur, wenn dies auch vielleicht erst nach Jahren verspürt wird. Ein unglücklich Wort, in der Jugend gesprochen, kann über ein ganzes Leben seinen Schatten werfen.

So ist es denn kein freier Willensakt, wenn wir des Morgens, nach stärkendem Schlafe ausgeruht erwachend, munter eine Arbeit wieder aufnehmen, die uns am Abend zuvor als eine unüberwindliche Bürde erschien. Es ist keine eigenwillige Grille, wenn wir im Augenblick, in welchem wir vergebens eine erfreuliche Nachricht der Geliebten oder von Weib und Kind erwarten und statt ihrer den Brief eines Freundes erhalten, dessen Blatt unwillig wegwerfen, das uns an einem anderen Tage herzlich erfreut haben würde. Es ist keine Eigenwilligkeit, wenn wir nach einer schlaflosen Nacht, nach einem schlechten, unverdaulichen Mahle, oder wenn wir Zahnweh haben, einen Bittenden unfreundlich abweisen. Und es hat gewiß mit freiem Willen nichts zu thun, wenn wir behaglich plaudern mit einem Freunde, der uns aufrichtig die Erfüllung unserer liebsten Wünsche vorspiegelt, oder wenn wir, von Sorge übermannt, mürrisch vor uns hinbrüten.

Ein Jeder giebt zu, daß unsere Stimmung vielfach durch die unserer Gefährten bestimmt wird. In lustiger Gesellschaft wird ein Gesunder munter, in trauriger ein Mitfühlender betrübt. Und es giebt in dieser Beziehung gar seltsame Beispiele der Ansteckung. Wehe dem nicht über alles Straucheln erhabenen Lateiner, der mit einem Jünger disputiren muß, welcher alle Augenblicke gegen die Regeln der Grammatik verstößt.

Sogar eine Wirkung in die Ferne wird hier beobachtet. Man erzählt von einem Liebhaber, der, mit seiner Braut schmollend, sie nicht in ihre Theaterloge begleiten wollte, sondern sich verstimmt in die Einsamkeit der Menge ins Parterre zurückzog. Um zu wissen, ob sie sich von ihrer Höhe herab um ihn bekümmerte, also weil er das wissen wollte, fing er an zu gähnen, die Thatsache kennend, daß es keine übertragene Bewegung giebt, die sich leichter Anderen mittheilt. Und in der That, er hatte die Genugthuung, daß es nicht lange währte, bis seine Geliebte in ihrer Loge herzlich mit ihm gähnte.

Niemand, fürwahr, hat die Tragweite der augenblicklichen Stimmung lieblicher ausgedrückt als Goethe in jenen zwei Distichon, die er Zeitmaß überschrieben hat:

„Eros, wie seh' ich dich hier! In jeglichem Händchen die Sanduhr!
Wie? Leichtsinniger Gott, missest du doppelt die Zeit?
„Langsam rinnen aus einer die Stunden entfernter Geliebten,
Gegenwärtigen fließt eilig die zweite herab".

Aber die Stimmung des Augenblicks trägt sich jeweilig einer vorhergehenden auf. Sie schwimmt gleichsam auf allen den vorangegangenen und wird selbst in ihrer Bedingtheit zur Mitbedingung, zum Fahrwasser alles Folgenden.

So wirkt ein Eindruck, den wir unter besonders einflußreichen Umständen erlitten, durchs ganze Leben fühlbar nach.

Mir ist es in einigen der traurigsten Stunden meines Lebens begegnet, daß ich öfters in nächster Nähe einen Esel schreien hörte, und seit jener Zeit hat kein anderes Thier eine ähnliche Macht über mich, mich traurig zu stimmen, wie der Esel, welcher eher dazu geboren scheint, dem Menschen eine Last vom Herzen zu nehmen.

Meinem Vater hinterließ in ähnlicher Weise einen unauslöschlichen Eindruck eine gewaltige Feuersbrunst im elterlichen Hause. Um ihn zu retten, ward in der Nacht mit Ungestüm die verschlossene Thür seines Schlafzimmers eingebrochen und das vierjährige Knäblein im Hemdchen auf die Straße getragen. In seinem ganzen späteren Leben hat er niemals heftig eine Thür aufmachen hören, ohne daß ihn jene Schreckensnacht aufs Neue erschütterte.

Glücklicher Weise wirken aber nicht bloß große Schmerzen und gewaltige Schrecken auf uns durchs

ganze Leben nach. Unsere frühesten Erinnerungen gemahnen an die Zärtlichkeit der Mutter, an das Keimen der Freundschaft in zarter Jugend, an die ersten Genugthuungen, die unserem strebenden Ehrgeiz erwuchsen, und so begreift man, wie unsere frühesten Neigungen siegreich auferstehen und sich erheben über alle die Reibungen des Lebens, über die schmerzhaftesten Enttäuschungen, ja sogar über den Jammer des Verraths.

Aus der Thatsache nun, daß in dem Strom der Einflüsse, die unser Leben gestalten, keine Welle verloren geht, daß jeder Eindruck eine Spur hinterläßt, die sich niemals völlig verwischt, daß alle Reize, die wir erleiden, alle Empfindungen, Furcht und Hoffnung, Schmerz und Freude, Gedanken und Wünsche so zu sagen mit einander verschmelzen und in einander fortleben, aus dieser Thatsache geht die Persönlichkeit des Menschen hervor, sie ist es, die seine Eigenart bedingt, sie giebt dem Menschen den Charakter und den Styl.

Darum beurtheilt man einen Menschen so oberflächlich, wenn man nur ein Bruchstück seines Lebens in Betracht zieht. Der Naturforscher, der Staatsmann, der Weltweise streben heutigen Tages nach der Kenntniß der Entwicklung des Menschen. Der Mensch ist ein stets im Werden begriffenes Naturerzeugniß;

wer sein Wesen erkennen will, muß seiner Natur- und seiner Cultur-Bedingtheit im Einzelnen nachspüren.

In diesem Lichte ist es nicht wahr, daß es nichts Neues unter der Sonne gebe. Es findet vielmehr jedes neue Ereigniß, jeder neue Einfluß, jede neue Zumuthung gleichsam einen neuen Menschen. Und daher kann es kommen, daß, wenn Jemand zweimal denselben Einfluß erleidet, dieser Einfluß nicht dieselbe Wirkung hervorbringt. Wenn die Juristen mit Recht sagen: Si duo faciunt idem, non est idem, wir Naturforscher haben das Recht zu behaupten: Si quis idem bis patitur, non est idem effectus.

Wer aber von dieser Ueberzeugung durchdrungen ist, wird vorsichtig sein im Urtheil über seinen Mitmenschen. Er wird vor Allem nach den augenblicklichen Verhältnissen fragen, in denen sich der Handelnde befand, und wenn ihm That oder Wort eines Anderen mißfallen, wird er nach mildernden Gründen seines Verfahrens forschen. So wird er von Jahr zu Jahr duldsamer, versöhnlicher, sanfter, ohne die Vorzüge seines Charakters einzubüßen, ohne den Muth seiner eigenen Meinung zu entnerven. Man wird nur immer menschlicher, wenn man die Anderen mit wohlwollender Umsicht beurtheilt, indem man mit Nachdruck den eigenen Charakter vertheidigt.

Aber wie der Einzelmensch, so ist die Gattung ewig im Werden begriffen. Das Hirn und seine Thätigkeit verändern sich mit den Zeiten und mit dem Hirn die Sitte, die der Spiegel ist der Entwicklungsstufe, auf der sich die allgemeine Sittlichkeit befindet. Das Heidenthum pries noch den Haß der Feinde als höchste Tugend, während das Christenthum auch für den Feind Liebe verlangte. Wir wissen, daß der Haß als Naturerscheinung nicht unrecht ist, verwerfen es aber, wenn man dem Feinde schaden will, weil dies der Menschlichkeit zuwiderläuft, weil es die edelste Empfindung der Menschennatur verleugnet. „Dieselbe Rasse“, sagt Prichard, „welche zu Tacitus Zeiten zwischen Sümpfen in einsamen Höhlen „wohnte, hat Petersburg und Moskau gebaut, und „die Nachkommenschaft von Ahnen, welche Menschenfleisch und kleine Fichtenfrüchte verzehrten, nährt sich „jetzt von Reis mit Trauben oder Weizenbrod.“ Man bedenke, daß Jupiter und Juno Geschwister waren, und daß die Griechen ihre sittlichen Anschauungen in ihren Göttern verkörperten. Ich besuchte in Cleve noch die Schule, als mich ein kleines Mädchen, das ihren Bruder sehr liebte, fragte, warum es die Menschen nicht machen wie die Vögelchen, die ihre Geschwister heirathen.

Jene Entwicklung der Sittlichkeit folgt noth-

wendigen Gesetzen, und jede Stufe ruht auf den vorhergegangenen Ursachen mit unerschütterlich nothwendiger Festigkeit.

Und ist das nicht anerkannt, wenn Quetelet, der berühmteste Erforscher aller Zahlenverhältnisse, die sich auf den Menschen beziehen, der rechtmäßige Stolz Belgiens, schreibt: „Alles, was dem Zufall, „dem freien Willen, den Leidenschaften des Menschen „oder dem Grade der Intelligenz anheim gegeben zu „sein scheint, ist an ebenso feste, unverbrüchliche und „ewige Gesetze geknüpft wie die Erscheinungen der „materiellen Welt"? Und legt man nicht mit Recht einen unendlich wichtigen Werth auf die Worte des Chors bei Aeschylos im Agamemnon?

„es kommt
Wider Willen Weisheit auch.
Huld der Götter ist dies, die gewaltsam
Thronen hoch am Rudersitz."

Wir brauchen uns nur klar zu machen, daß die Götter der Griechen Naturgewalten sind, die als Personen vorgestellt wurden, um die Worte des Chors ganz in Einklang zu finden mit der Weltanschauung, die ich in diesem Abschnitt zu vertheidigen habe.

Der mächtige Wille ist eine nothwendige Folge der reichen Erkenntniß. Liebig hat vortrefflich gesagt, daß vorher „die Wirkungen unseren Willen

„regieren, während wir durch Einsicht in ihren inneren „Zusammenhang die Wirkungen beherrschen können"*). Die Einsicht entsteht immer nur als Folge der Wirkungen und wird dadurch zur nothwendigen Ursache des Willens.

Viel schwerer als die wissenschaftliche Einsicht in die Richtigkeit des vertheidigten Satzes wird es den Menschen, die so lange an dem Gängelbande eines eingebildeten Gutes liefen, dem die Schwäche des Fleisches tagtäglich widerspricht, viel schwerer wird es ihnen, sich mit dem Willen als Naturerscheinung in den Krümmungen und Kreuzgängen des werkthätigen Lebens zurecht zu finden.

Das erste Bedenken, das sich hier entgegenthürmt, ist immer, daß, wenn der freie Wille zu leugnen ist, die Begriffe des Guten und Bösen uns abhanden kommen müssen. Und doch ist eben dieses Bedenken gerade dadurch gelöst, daß wir den Willen als eine festbegründete Naturerscheinung betrachten müssen. Denn nur so lange bleibt die Bestimmung, ob eine Handlung gut oder böse ist, schwankend, als der Maaßstab ein zufälliger, das heißt, ein von außen entlehnter ist. Hat man es einmal erkannt, daß das sittliche Maaß in der Natur des Menschen und nirgends anders

---

*) Liebig's chemische Briefe, Heidelberg 1851, S. 32.

zu suchen ist, daß wir uns auf das natürlichste Verhältniß stützen, wenn wir das Recht, uns zu richten, weder Affen noch Mondbewohnern, sondern einzig und allein unseres Gleichen zugestehen wollen, dann wird das Urtheil über gut und böse ein naturnothwendig begründetes und dadurch ewig unerschütterlich.

Gut ist, was auf einer gegebenen Stufe der Entwicklung den Bedürfnissen der Menschheit, den Forderungen der Gattung entspricht. Ich sage: auf einer gegebenen Stufe der Entwicklung. Denn erst dadurch, daß diese berücksichtigt wird, erhebt sich die Geschichte zum Weltgericht. Weil Rotteck die Entwicklungsstufe des Mittelalters verkannte, beurtheilte er die Herrschaft der Kirche für damalige Zeiten um ebenso viel zu hart, wie die Hurter und Stahl ungerecht sind gegen den heutigen Entwicklungsgang, weil sie den Geist der Zeit mit mittelalterlichen Augen betrachten.

Es wohnt der menschlichen Gattung als Naturnothwendigkeit ein, daß sie als böse verwirft, was den Forderungen der Gattung zuwiderläuft.

Das Böse im Einzelnen bleibt darum, wie der ganze Mensch, Naturerscheinung. Und es ist gewiß nur ein Verlust für verfolgungssüchtige Parteigänger oder für den bitteren Eifer besiegter Köpfe, nicht für ächte Menschen, wenn uns diese Einsicht gegen jedes

Verbrechen, wie gegen jeden Fehltritt versöhnlich stimmt. Das ist der Sinn des Wortes der Frau von Staël: „alles begreifen hieße alles verzeihen"*). Ich kann es nicht unterlassen, dieses goldene Wort immer und immer zu wiederholen. Denn wie das: „Liebe Deinen Nächsten wie Dich selbst!" der Kern der ganzen Sittenlehre im Christenthum war, so sollte es an der Spitze des Evangeliums der Neuzeit stehen: alles begreifen heißt alles verzeihen.

So wie der Sittenprediger von dem, der den freien Willen widerlegt, eine Grundlage seiner Sittenlehre fordert, so macht der rechtsgelehrte Richter den Naturforscher verantwortlich für die Zurechnungsfähigkeit, die ihm verloren zu gehen scheint. Aber die Zurechnungsfähigkeit wäre nur dann vernichtet, wenn die Strafe den äußerlichen Zweck der Abschreckung oder der Besserung verfolgte. Wie sollte den die Strafe abschrecken, der eine Missethat begeht, die in geradem und unabwendbar folgerichtigem Verhältniß steht zu der Leidenschaft, die ihn bewegt? Das Bessern aber gelingt den Strafanstalten selten und bisweilen auf Kosten von Vorzügen, gegen welche die sogenannte Besserung nicht aufwiegt. Denn der ist nicht gebessert, in dem die Leidenschaft erstorben ist. Und anderer-

*) Tout comprendre, ce serait tout pardonner. Madame de Staël, Corinne.

seits, wie unendlich häufig kommt es vor, daß diejenigen, die bestraft waren, mit Racheplänen gegen die Gesellschaft ihr Gefängniß verlassen, um es nur zu bald und oft wiederholte Male wieder zu betreten? Sucht man das Recht der Strafe in einem naturnothwendigen Bedürfniß der Selbsterhaltung, das die Gattung beherrscht, dann erliegt die Zurechnung nicht vor dem milderen Urtheil, das uns das Böse abgewinnt, nachdem wir es als Naturerscheinung kennen. Die Strafe soll nur den menschlichen Forderungen der Gattung entsprechen. Darum bestrafen alle Gesetzbücher nur diejenigen Vergehen, die einem Dritten schaden. Das Recht erwächst nur aus dem Bedürfniß. Aber weil das Bedürfniß menschlich ist, soll auch die Strafe menschlich bleiben. Bleibt sie nicht menschlich, dann wird die Strafe selbst zum Verbrechen. Und aus diesem Gesichtspunkt ist es nicht tief genug zu beklagen, daß in neuerer Zeit noch Volksvertretungen gefunden werden, die, wenn auch mit schwacher Mehrheit, für die Todesstrafe entscheiden. Oder giebt es irgend ein menschliches Verhältniß zwischen dem leidenschaftlich Bethörten, der, gleichviel ob kalt oder heftig, an seinem Nächsten einen Mord begeht, und der Ruhe eines Gerichtshofes, der, ohne irgend einen sittlichen Vortheil zu erreichen, ein Verbrechen mit dem Tode rächt?

Weil die Zurechnung von dem Bedürfniß und

dem Recht der Strafe abhängt, so kann man recht gut mit Gervinus einstimmen, wenn er sagt: „Will „man den Menschen auch ganz wie die Pflanze in „den feindlichen (?) Gewalten der Natur sehen, so „hindert uns dies dennoch nicht, auch den fehlerhaften „und mangelhaften Baum zu tadeln, zu ziehen, und „wenn er uns ärgert, auszureißen." Ich meine, man kann recht wohl in diesen Ausspruch einstimmen, wenn man nur absieht von der Auffassung der Naturgewalt als einer feindlichen. Ja, man kann noch weiter gehen. Die Naturnothwendigkeit des Baumes und des Menschen hindert uns nicht bloß nicht, sie selbst zwingt uns vielmehr zu Tadel und Zucht. Wenn aber Gervinus an jener Stelle fortfährt: „Dies eben aber zeigt, daß der Mensch Freiheit und „Willkür hat, denn nur der Baum läßt den Baum „in Frieden gewähren", so ist dies eine Vertheidigung, die etwa darauf hinausläuft zu behaupten, daß der Mensch frei ist, weil der Baum steht, während der Mensch geht. Die Ursache der Bewegung, — des Tadels, der Zucht und des Ausreißens, — entspricht genau der Bewegung, es handelt sich um die Naturnothwendigkeit der aus der Ursache erwachsenden Folge, um jene höchste Auffassung menschlicher Bedingtheit, welche Goethe sagen ließ: „hätte ich einen Fehler „begangen, so könnte es keiner sein". Von dieser

großartigen Anschauung war Zelter durchdrungen, als er an Goethe schrieb: „Im Unnatürlichen „liegt die Sünde, nicht im Willen Böses zu „thun"*).

Sollte uns ein Staatsmann, oder wahrscheinlicher ein Stubengelehrter, einwerfen, daß, wer den freien Willen leugnet, die Freiheit nicht erstreben kann, so antworte ich, daß jeder frei ist, der sich der Naturnothwendigkeit seines Daseins, seiner Verhältnisse, seiner Bedürfnisse, Ansprüche und Forderungen, der Schranken und Tragweite seines Wirkungskreises mit Freude bewußt ist. Wer diese Naturnothwendigkeit begriffen hat, der kennt auch sein Recht, Forderungen durchzukämpfen, die dem Bedürfniß der Gattung entspringen. Ja mehr noch, weil nur die Freiheit, die mit dem ächt Menschlichen in Einklang ist, mit Naturnothwendigkeit von der Gattung verfochten wird, darum ist in jedem Freiheitskampf um menschliche Güter der endliche Sieg über die Unterdrücker verbürgt.

Ich habe dem Sittenlehrer, dem Richter, dem Gelehrten, dem Staatsmann Rede und Antwort gestanden. Ich komme hier noch einmal auf einen Einwurf mancher engherziger Sittenrichter zurück. Ich berühre ihn zuletzt, weil ich nicht umhin kann, ihn aus tiefster Empfindung zu verachten.

*) Briefwechsel zwischen Göthe und Zelter, Bd. I, S. 45.

Da heißt es nämlich: „Wenn Du nicht an den „freien Willen glaubst, dann stürze Dich doch in „Schwelgerei und ausschweifende Sinnenlust, denn „als Naturerscheinung bist Du unverantwortlich". Und mir ist, als wanderten mir alle Pharisäer und alle doppelzüngigen Verräther vor den Augen, wenn ich so reden höre. Denn was seid Ihr anders, die Ihr so redet, als bestechliche Bestochene, die Ihr für eure Tugend keinen Antrieb habt als den jenseitigen Himmel, in dem Ihr Eure träge Feigheit spiegelt, für Eure Sittlichkeit kein Maaß als jenes: „ich bin nicht so wie die der Mode des Unglaubens huldigen". Ihr fühlt Euch glücklich in jeder Zeit, denn wie Ihr gestern aus dem Wissen die Wahrheit gefolgert, so könnt Ihr heut' aus ihm die Lüge folgern, wenn nur die Lüge herrscht.

„Stürzt Euch in wüsten Sinnentaumel!" Als wenn der Mensch das nach Belieben könnte, wenn ihm auch täglich der Trugschluß vorgehalten würde!

Weil es dem Bedürfniß der Gattung nie und nimmermehr entspricht, den Leidenschaften zu fröhnen, so kann die Aufforderung zu wilder Ausschweifung auch keineswegs gefolgert werden aus dem Satz, daß der Mensch eine nothwendig bedingte Naturerscheinung ist. Und wenn es trotzdem hin und wieder geschah, so kann es ebenso wenig gegen die erkannte Natur-

wahrheit sprechen, wie es seiner Zeit den Werth, den das Christenthum nicht als Wissenschaft, sondern als Sittenweisheit ewig behaupten wird, beeinträchtigen konnte, daß die Mönche aus seinem erhabenen Grundsatz der Liebe härene Bußkleider, Fasten und Kasteiung und alles, was naturwidrig ist, abgeleitet haben. Kaum dürfte jemals die Irrlehre der Genußsucht nur halb so viel Nachfolger finden, wie die Herrschsucht der Pfaffen aller Farben unglückselige Schlachtopfer geliefert hat. Aber diese ficht den geschichtlichen Werth des Christenthums so wenig an, wie jene die Erkenntniß des Naturforschers, der an die äußerste Grenze seines Denkens geht, um es bis an die äußerste Grenze ins Leben zu setzen.

Die Luft, die wir athmen, verändert in jedem Augenblick des Lebens nicht nur die Luft in den Lungen, nicht nur das Blut der Adern in Blut der Schlagadern, sie verwandelt nicht bloß die Muskeln in Fleischstoff und Fleischbasis, den Herzmuskel in Harnoxydul, das Gewebe der Milz in Harnoxydul und Harnsäure, die Glasflüssigkeit des Auges in Harnstoff, sie verändert auch in jedem Augenblick die Zusammensetzung von Hirn und Nerven. Und die Luft selbst, die wir einathmen, ist jeden Tag verschieden, anders im Wald als in der Stadt, anders auf dem Wasser als auf dem Berg, anders auf dem Thurm

als in der Straße, im Licht als in der Finsterniß. Und Nahrung, Geburt, Erziehung, Verkehr, alles um uns her ist in fortwährend bewegender Bewegung. Deshalb kann das Gute nicht untergehen, die Bildung nicht veröden. Mit dem Stoff kreist das Leben durch die Welttheile, mit dem Leben die Gedanken, mit den Gedanken der naturnothwendig gute Wille. Mit allen Uebeln und ihren tiefsten Schmerzen, zum Theil ob ihrer tiefsten Schmerzen — die Erde ist und bleibt ein Paradies. „Man bedenke, daß mit jedem Athemzug ein ätherischer Lethestrom unser ganzes Wesen durchdringt, so daß wir uns der Freuden nur mäßig, der Leiden kaum erinnern" (Goethe).

XX.

Der Kraftwechsel.

Nunc age, res quoniam docui non posse creari
de nilo neque item genitas ad nil revocari.
Lucretius, de rerum natura, I, 265, 266.

Ex nihilo nil fit. Nil fit ad nihilum.
Julius Robert Mayer.

Wo in der Welt Bewegung erzeugt wird, ist der Erfolg, so weit er sich als Ortsveränderung einer Last bemerkbar macht, immer geringer als der Kraft entspricht, welche die Bewegung hervorbrachte. Es setzt sich nämlich jeder Ortsveränderung eines Körpers ein Widerstand entgegen, zu dessen Besiegung ein anderer Theil der Kraft verwandt wird als derjenige, der den Körper aus seiner Stelle schob.

Im Allgemeinen ist der Widerstand, der bei einer Bewegung überwunden werden muß, um so größer, je verwickelter die Zusammensetzung des Werkzeugs ist, in dem die Kräfte zur Bewegung aufgeboten werden. Häufig ist der Antheil der Kraft, welche den Widerstand zu überwinden hat, größer, nicht

selten sehr viel größer, als derjenige, welcher die Bewegung einer Masse bewirkt. So verhält es sich zum Beispiel bei der Blutbewegung. Die Kraft, mit der sich unser Herzmuskel zusammenzieht, erhält unser Blut in strömender Bewegung, aber der Theil der Herzkraft, welcher die Blutbewegung hervorbringt, ist bei weitem kleiner als der Antheil der Herzkraft, welcher die in den Haargefäßen zu besiegenden Widerstände bewältigt.

Wie beim Blutkreislauf läßt sich in der großen Mehrzahl der Fälle der zu besiegende Widerstand auf Reibung zurückführen. Da aber Reibung Wärme hervorbringt, so leuchtet zunächst die Möglichkeit ein, daß, was an Bewegung verloren, beziehungsweise zur Besiegung von Widerständen verbraucht wird, an Wärme gewonnen werden könne.

Die grundlegende Thatsache ist ja ein Altbesitz der Menschheit. Der erste Mensch, der sich die Hände rieb und sie darnach wärmer fühlte, hat den physikalischen Versuch gemacht, der auf qualitative Weise darthut, daß Reibung Wärme entwickelt. Und der Wilde, der zwei Stücke Holz an einander reibt, bis sie brennen, verzichtet — um überzeugt zu sein, daß eben die Reibung Wärme hervorbringt — auf die Beispiele, welche die Wissenschaft anruft, wenn Rumford auf die gewaltige Wärmeentwicklung beim Bohren

der Kanonen hinweist, wenn Davy zwei Stücke Eis, indem er sie an einander reibt, zum Schmelzen bringt, oder Julius Robert Mayer durch den Versuch ermittelt, daß der Wärmegrad des Wassers durch starkes Schütteln sich erhöht und das Wasser nach dem Schütteln einen größeren Raum einnimmt als zuvor.

Aus diesen und ähnlichen Beispielen läßt sich aber nicht unmittelbar entnehmen, daß der Erzeugung von Wärme ein verhältnißmäßiger Ausfall an Bewegungserfolg entspricht. Besser dazu angethan ist schon die Thatsache, daß sich ein scharf geladenes Geschütz bei gleicher Pulverladung weniger erhitzt als ein blindgeladenes, weil von ersterem ein Theil der Wärme als Arbeit zu Tage kommt. Nur ist der Vorgang zu roh, als daß er sich zu einem quantitativen Versuch verwerthen ließe.

Denn schon im Jahre 1842 hatte Julius Robert Mayer die Frage richtig gestellt: „Wir müssen ausfindig machen, wie hoch ein bestimmtes Gewicht über den Erdboden erhoben werden müsse, daß seine Fallkraft äquivalent sei der Erwärmung eines gleichen Gewichtes Wasser von 0° auf 1° C.“*)

---

*) J. R. Mayer, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, Liebig und Wöhler, Annalen der Chemie und Pharmacie 1842, Bd. XLII, Maiheft, und wieder abgedruckt in J. R. Mayer, die Mechanik der Wärme, in gesammelten Schriften, Stuttgart. 1867, S. 11.

Diese Frage ist aber der Ausgangspunkt nicht bloß für unsre gesammte Naturanschauung, sie ist die Seele und der Compaß aller Naturforschung. Und Mayer hat die Frage beantwortet.

Indem er sich auf Versuche Gay-Lussac's bezog, wies Mayer darauf hin, daß ein Gas, welches, indem es erwärmt wird, sich ausdehnen kann und dabei einen Druck überwindet, um zum gleichen Wärmegrad aufzusteigen, wie dasselbe Gas, das in einem Behälter bei gleich bleibendem Raumumfang erwärmt wird, einer größeren Zufuhr von Wärme bedarf als letzteres. Und zwar beträgt der Mehrbedarf an Wärme so viel, daß er in einem regelmäßigen und festen Verhältniß steht zu dem Widerstand, den das Gas bei seiner Ausdehnung überwinden mußte, mit anderen Worten zu der lebendigen Kraft, die es dafür entwickelt hat.

Auf diese Thatsache gestützt hat Mayer den Begriff des mechanischen Aequivalents der Wärme in die Wissenschaft eingeführt. Er behauptete, daß die Wärmemenge, welche erfordert wird, um die Wärme einer Gewichtseinheit Wasser um 1° C. zu erhöhen, der mechanischen Kraft entspricht, welche dieselbe Gewichtseinheit zur Höhe von 367 Meter erhebt. Und da sich die Zahlen immer auf dieselbe Gewichtseinheit beziehen, da man ferner die Wärmemenge, welche die

Gewichtseinheit Wasser um 1° erhöht, als Wärmeeinheit bezeichnet, so kann man sagen, das mechanische Aequivalent der Wärmeeinheit ist nach Mayer 367 Meter.

Spätere Rechnungen, denen genauere Erfahrungsgrößen zu Grunde lagen, haben ergeben, daß Mayer's Zahl zu niedrig ist, aber sein Gedanke und sein Rechnungsverfahren waren unanfechtbar. Ihm bleibt der Ruhm, daß er den großen Weg gebahnt, auf welchem die Naturwissenschaft, seitdem man seine Gedanken begriffen hat, so sicher vorwärts schreitet, und es ist keine Uebertreibung, wenn man Julius Robert Mayer als den Galileo des Jahrhunderts preist*). Legt man der Rechnung Mayer's die genauesten von Regnault ermittelten Erfahrungsgrößen zu Grunde, dann findet man für das mechanische Aequivalent der

*) Denkwürdig sind die Worte von Angelo Secchi: „La lettura dell' opera di Mayer ci soprende per la fermezza con cui esso espone questo grande principio e per la sua convinzione nelle applicazioni. Gli scrittori posteriori, può dirsi senza fare loro torto, che salgono poco più che al grado di commentatori delle sue profonde vedute". Angelo Secchi, l'unità delle forze fisiche, 4ª ed. Milano 1885, Vol. I, p. 57: „Beim Lesen von Mayer's Schrift bewundert man die Sicherheit, mit der er seinen großen Grundsatz entwickelt, und sein Vertrauen zu dessen Anwendungen. Von den späteren Schriftstellern darf man, ohne ihnen Unrecht zu thun, behaupten, daß sie wenig mehr gewesen sind als Erklärer seiner tiefen Anschauungen".

Wärmeeinheit, statt der Zahl 367, den mittleren Werth von 427 Meter.

Wenn ein Gas, indem es sich ausdehnt, einen Druck überwindet, so leistet es lebendige Kraft und erleidet eine Einbuße an Wärme; wird es dagegen zusammengedrückt, so wird dazu lebendige Kraft verbraucht und Wärme entwickelt. In beiden Fällen entspricht die verschwindende oder entwickelte Wärme der geleisteten oder verbrauchten Arbeit in dem genauen Verhältniß des mechanischen Aequivalents.

James Prescott Joule in Manchester gebührt das Verdienst, zuerst genaue und zahlreiche Versuche angestellt zu haben, um Arbeitseinheiten in Wärme zu verwandeln. Er ließ unter andern ein Schaufelrad in Wasser drehen und die Drehung durch fallende Gewichte bewirken. Die Arbeitseinheiten, welche die fallenden Gewichte verbrauchten, ergaben sich aus dem Produkt der Gewichte mit der Fallhöhe, von welchem die lebendige Kraft abzuziehen war, mit welcher die fallenden Gewichte den Boden erreichten*). Diese Versuche, welche durch ähnliche, bei denen das Wasser durch Quecksilber ersetzt war, bekräftigt wurden, er=

---

*) Wer eine eingehendere Beschreibung von Joule's Versuchen zu lesen wünscht, findet sie u. a. in Müller=Pouillet's Lehrbuch der Physik, 8e, von Pfaundler bearbeitete Auflage, 1879, Bd. II, 2, S. 428 ff.

gaben für die Arbeitseinheit die Zahl 425, die seitdem als die genaueste und zuverlässigste allgemeine Annahme gefunden hat.

Das Endergebniß lautet hiernach, daß einer Wärmeeinheit eine Arbeitseinheit von 425 Meter entspricht, oder aber eine lebendige Kraft, welche 1 Kilogramm zur Höhe von 425 Meter hebt, könnte, wenn sie verbraucht würde, 1 Kilogramm Wasser um 1° C. in seiner Wärme erhöhen. Je nach der Gewichtseinheit, die man zu Grunde legt, spricht man von 425 Gramm-Meter oder Kilogramm-Meter; 1 Gramm-Meter ist gleich einem Kilogramm-Millimeter, u. s. f.

So haben denn die Thatsachen und messende Forschung den Gedanken fühlbar gemacht, daß Bewegung und Wärme nicht grundverschiedene Dinge sind. Die Wärme ist kein eigener Stoff, sondern ein Zustand der Körperwelt, sie ist eine eigene Bewegungsform der kleinsten Körpertheilchen, die sich in Bewegung der Massen umsetzen kann. Um Mayer's ausdrucksvolle Sprache zu gebrauchen, die Bewegung ist verborgene Wärme, die Wärme ist verborgene Bewegung. Schon Newton nannte die Wärme eine zitternde Bewegung*).

Durch diesen Zusammenhang erhielt aber die Thatsache, daß bei jeder chemischen Verbindung Wärme hervorgebracht wird, eine ungeahnte, allgemeine Be-

*) Erinnerung von Secchi, a. a. O. I. p. 52.

deutung. Die chemische Verwandtschaft erscheint im strengsten Wortsinn als eine Kraft, als aufgespeicherte Spannkraft, so lange die chemischen Elemente von einander getrennt sind, als lebendige Kraft, unter der Form von Wärme, so wie sie sich mit einander verbinden.

Alle Bestimmungen der Verbrennungswärme sind, nachdem wir das Arbeitsäquivalent der Wärmeeinheit kennen, zugleich Bestimmungen der mechanischen Kraft, welche aus einer chemischen Verbindung entstehen könnte, wenn sich alle Wärme, ohne Verlust, in mechanische Arbeit umsetzen ließe.

Wenn ein Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, so werden 8080 Wärmeeinheiten entwickelt, die einer Kraft entsprechen, welche 1 Gramm auf 3434000 Meter oder 1 Kilogramm auf 3434 Meter heben könnte. Und weil ein gleiches Gewicht Wasserstoff bei seiner Verbrennung zu Wasser 4,26 mal so viel Wärme entwickelt wie der Kohlenstoff, so kann der Wasserstoff bei seiner Verbrennung mehr als $4^1/_4$mal so viel leisten wie der Kohlenstoff, das heißt ein Gramm Wasserstoff würde bei seiner Verbrennung so viel Wärme entwickeln als der mechanischen Kraft entspricht, die 1 Kilogramm auf die Höhe von 14629 Meter zu erheben vermag.

Umgekehrt wird bei der Zersetzung von chemischen Verbindungen, wenn nicht besondere Umstände es

anders fügen, Wärme verbraucht. Wenn sich Chlorsäure mit Kali verbindet, wird Wärme entwickelt, während wir umgekehrt durch Wärme chlorsaures Kalium in Chlorkalium und Sauerstoff zersetzen können. Wenn aber diese Zersetzung vor sich geht, wird lebendige Kraft in der Form von Wärme verbraucht, dafür aber Spannkraft erhalten in der chemischen Eigenschaft des Sauerstoffs, die ihn bei einer neuen Verbindung mit einem chemischen Elemente zu neuer Wärmeentwicklung befähigt.

Was aber die Wärme bei der Zersetzung chlorsauren Kaliums leistet, das bewirkt der elektrische Strom bei der Zersetzung des Wassers. Es ist ein hübsches Beispiel dafür, wie wir den Kraftwechsel zu verschiedenen Leistungen benützen. Wasser an sich können wir unmittelbar durch Wärme nicht zersetzen; wie wir aber zu verschiedenen mechanischen Leistungen Werkzeuge besonderer Form anwenden, bald eine Säge, bald einen Bohrer, so wählen wir hier eine besondere Form der Einen Naturkraft, wir wählen den elektrischen Strom statt der Wärme, wenn wir ohne Mithülfe anderer chemischer Stoffe Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen wollen.

Jene Elektricität ist aber nicht eine neue Naturkraft, sie ist nur eine andere Form, in welcher uns die Wärme oder statt ihrer mechanische Kraft erscheinen

kann. Wenn sich Harz und Glas an einander reiben, so daß Elektricität entsteht, dann wird keine Wärme entwickelt, die Wärme erscheint eben als Elektricität. Man könnte auch sagen: in diesem Falle erscheint Elektricität statt Wärme. In anderen Fällen liefert die Wärme einen elektrischen Strom, so wenn je zwei Paare verschiedener Metalle zusammengelöthet sind, und die eine Löthstelle einen höheren Wärmegrad besitzt als die andere. Endlich wird Wärme erzeugt für den Widerstand, der in einem elektrischen Stromkreise von der Elektricität zu besiegen ist. Je größer der Widerstand im Leiter ist, desto schwächer wird der Strom, aber desto mehr Wärme wird im Leiter erzeugt. Die Umwandlung von Elektricität in Wärme und rückwärts von Wärme in Elektricität liegt also klar vor Augen.

Der galvanische Strom wird aber selber durch chemische Wirkungen hervorgebracht. Ist das Element ein Grove'sches, haben wir also als Metalle Platin und Zink, jenes in Berührung mit Salpetersäure, dieses mit verdünnter Schwefelsäure, beide Säuren durch eine thönerne Scheidewand von einander getrennt, dann wird Zink in der Schwefelsäure gelöst, indem es einen Theil der Schwefelsäure zersetzt und an die Stelle von dessen Wasserstoff tritt, um schwefelsaures Zink zu bilden. Aber der hierbei frei werdende

Wasserstoff, den das Zink aus der Schwefelsäure entband, verbindet sich mit Sauerstoff der Salpetersäure, indem das Thongefäß, welches die Salpetersäure von der Schwefelsäure trennt, einen Austausch der Stoffe gestattet. Ein Theil der Salpetersäure liefert hierbei rothbraune Dämpfe, die aus niedrigeren Oxydationsgraden des Stickstoffs als die Salpetersäure ist, aus Stickstofftetroxyd und Stickstofftritoxyd bestehen.

Löst man, ohne ein galvanisches Element herzustellen, Zink in Schwefelsäure auf, so wird so viel Wärme gebildet, als überhaupt der Verbindungswärme des Zinks mit Schwefelsäure entspricht. Ergänzen wir aber die Vorrichtung zu einem Grove'schen Elemente, wie wir es kurz vorher im Auge hatten, so kann dadurch die Verbindungswärme des Zinks mit Schwefelsäure in verschiedene Theile, ja in verschiedene Kraftformen zerlegt werden, ähnlich wie Newton's Glasprisma das gemischte Licht in farbige Strahlen zerlegt.

Ist zunächst das Element in einfachster Weise zur Kette geschlossen, so wird nicht mehr die ganze Verbindungswärme in dem Glase frei, sondern ein Theil derselben wird in dem die Strombahn schließenden Leiter entwickelt. Je größer der Widerstand, den der Strom in diesem Leiter zu überwinden hat, mit anderen Worten je schlechter er leitet, um desto größer

ist der Antheil der Wärme, der in der Leitung außerhalb des Gefäßes zum Vorschein kommt. Wird nun in diese Leitung auf passende Weise ein Gefäß mit Wasser eingeschaltet, so wird dieses zersetzt, es werden Wasserstoff und Sauerstoff entwickelt. Dadurch wird aber ein Ausfall an Wärme bedingt, d. h. es wird gerade so viel Wärme weniger gebildet, als der Spannkraft der frei werdenden Elemente, d. h. der Verwandtschaft des Wasserstoffs zum Sauerstoff, genauer gesagt der Verbrennungswärme des aus der Wasserzersetzung hervorgegangenen Wasserstoffs entspricht. Wir können aber mittelst des elektrischen Stroms auch mechanische Arbeit verrichten. Die tausendfacher Anwendung fähige Thatsache, welche dieser Arbeitsleistung zum Grunde liegt, ist, daß ein elektrischer Strom, der einen Eisenstab umkreist, diesen magnetisch macht und ihn befähigt, durch Anziehung ein Gewicht zu heben. Aus der Größe des Gewichts und der Höhe, zu der es gehoben wird, berechnen wir die Menge von Arbeitseinheiten und wissen, wie viel Wärmeeinheiten dieser entsprechen. Aber der Versuch hat ergeben, daß, wenn das galvanische Element Arbeit leistet, wieder genau so viel weniger Wärme gebildet wird, als dem mechanischen Aequivalent der Wärme entspricht.

So hätte denn das galvanische Element die Verbindungswärme des Zinks gespalten. Zunächst

hat es einen Theil derselben in die Leitung außerhalb der Zelle verlegt. Sodann hat der elektrische Strom Wasser zersetzt und dabei, indem er Spannkraft erzeugte, eine Einbuße an lebendiger Kraft in der Form von Wärme erlitten. Schließlich hat er Arbeit geleistet und hierzu wiederum lebendige Kraft verbraucht, das heißt an Wärme verloren. Zählt man aber die durch die Wasserzersetzung und die mechanische Arbeit verlorenen Wärmeeinheiten zu den in Zelle und Leitung übrig gebliebenen, dann entspricht die Summe der gesammten Verbindungswärme des Zinks. Es ist also nichts von der lebendigen Kraft verloren gegangen, sie ward nur anders vertheilt oder in andere Formen umgewandelt.

Der Schlußsatz, in dem unsere heutige, von Mayer begründete Naturanschauung gipfelt, ist, daß es nur Eine Kraft giebt, die unzerstörlich, an Menge immer gleich, in verschiedenen Formen auftritt. Wird eine Form, z. B. mechanische Arbeit, ganz und gar in eine andere, z. B. Wärme, verwandelt, so muß die eine Form der anderen gleichwerthig sein, und diese wieder in jene zurückverwandelt werden können. Bei diesen Umwandlungen geht aber nichts von der Kraft verloren. Im Weltall ist der Vorrath der Kraft immer derselbe. Die Kraft ist so unzerstörbar wie der Stoff. Auf einem großartigen Wege ist man

von einer anderen Seite zur Anerkennung der Thatsache gekommen, die in unserem Satze, daß die Kraft eine Eigenschaft des Stoffes ist, verschlossen liegt. Wir sagen nun ebenso gern, der Stoff ist so unsterblich wie die Kraft.

Jene Unzerstörbarkeit der Kraft ist es, die Helmholtz als das Princip der Erhaltung der Kraft bezeichnet hat.

Nur ist zu bedenken, daß die Kraft nicht immer als wirkende, sondern zu jeder Zeit in erheblichem Verhältniß als wirkungsfähige auftritt. Nennt man die Kraft in letzterer Form Spannkraft, in ersterer lebendige Kraft, dann sagt das Princip der Erhaltung der Kraft aus, daß die Summe der Spannkraft und der lebendigen Kraft im Weltall immer dieselbe bleibt. Alle Vorgänge in der Natur laufen also darauf hinaus, daß Spannkraft in lebendige Kraft oder diese in jene verwandelt wird, oder aber daß die eine Form lebendiger Kraft in eine andere übergeht. Die chemische Verwandtschaft als Spannkraft oder wirkungsfähige Kraft erzeugt chemische Verbindung als lebendige Kraft, das heißt Wärme oder Elektricität, und einer jeden derselben, die selbst in einander übergehen können, entspricht eine Maaßeinheit in mechanischer Arbeit.

Alles fließt, alles rollt, aber alles wird gemessen.

Und wer alles fließen macht, ist Niemand anders als die Sonne.

Die Sonne ist es, deren Licht in den Pflanzen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt, aus Kohlensäure und Wasser Sauerstoff entwickelt, und in dem Pflanzenleib Zellstoff, Stärkemehl, Zucker, Fett und Eiweiß aufspeichert. Sie verwandelt jene Verbindungen, in welchen Kohlen- und Wasserstoff aufs Innigste mit Sauerstoff verbunden waren, in ein Magazin von Spannkraft. Die Kohle, in der wir abgestorbene Pflanzenleiber verdichtet und angehäuft erkennen müssen, ist als ein Schrein von Sonnenlicht und Sonnenwärme zu betrachten.

Wenn wir die Kohle auf dem Herd verbrennen, schließen wir das Magazin von Spannkraft auf, um lebendige Kraft daraus hervorzuholen. Wir gehen niemals zugleich alterthümlicher, geschichtlicher und natürlicher zu Werk.

Aber die Thiere schöpfen aus der lebenden Pflanzenwelt, die ihnen zugleich die organischen Nahrungsstoffe und in der Luft den Sauerstoff liefert, der diese wieder zu Kohlensäure, Wasser und Harnstoff verbrennt und damit Spannkraft in lebendige Kraft verwandelt.

Merkwürdig ist es, wie beide, Pflanzen und Thiere, bei diesen Vorgängen Farbe bekennen. Denn während das Sonnenlicht nur bei Gegenwart von Blattgrün Kohlensäure und Wasser zersetzt, ist das Blutroth der Träger des Sauerstoffs, der die langsame Verbrennung

im Thierleib unterhält, und diese Verbrennung ist der Urquell, aus dem das thierische Leben fließt.

Den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren können wir nicht allgemeiner bezeichnen, als indem wir jene als Sammler von Spannkraft und diese als Erzeuger lebendiger Kraft betrachten, die sich gegenseitig bedingen und ergänzen.

Aus dem Grundsatz der Erhaltung der Kraft ergiebt sich nun ohne Weiteres, daß die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Thieres oder Menschen eine begrenzte sein muß.

Wir haben an einer anderen Stelle dieses Buches*) gefunden, daß sich aus dem Kostmaaß eines arbeitenden Mannes berechnet, daß er in 24 Stunden daraus 2749195 Wärmeeinheiten entwickeln kann, d. h. so viel Wärme als nöthig ist, um 2749195 Gramm Wasser um 1^0 zu erwärmen.

Es wurden bei der Rechnung meine Mittelwerthe für das tägliche Kostmaaß zu Grunde gelegt, d. h.

130	Gramm	Eiweiß,
84	"	Fett,
202	"	Stärkemehl,
202	"	Zucker.

Legen wir, um mit kleineren Zahlen zu rechnen, als Gewichtseinheit, statt des Gramm, das Kilogramm

*) Bd. I. S. 353, 354.

zu Grunde, dann dürfen wir die obige Zahl für die in einem Tage vom arbeitenden Menschen entwickelten Wärmeeinheiten auf 2750 abrunden, das hieße also, daß die in 24 Stunden von einem arbeitenden Manne entwickelte Wärme so viel beträgt, daß er 2750 Kilogramm Wasser um einen Wärmegrad erwärmen könnte.

Um das mechanische Aequivalent dieser Wärmeeinheiten zu berechnen, brauchen wir nur diese Zahl mit 425 zu vervielfachen, und wir erhalten 2750 $\times$ 425 = 1168750. Und diese Rechnung bedeutet, daß, wenn der Arbeiter die ganze Verbrennungswärme seiner organischen Nahrungsstoffe auf mechanische Arbeit verwenden könnte, er im Stande wäre, 1168750 Kilogramm auf die Höhe eines Meters zu heben.

Das kann er aber nicht. Zunächst nicht, weil ein erheblicher Theil der im Körper durch die Verbrennung organischer Stoffe erzeugten Wärme die Wärmeverluste decken muß, welche der Körper durch Strahlung und Leitung, Erwärmung der Speisen und Getränke, Verdunstung in den Lungen und auf der Haut, durch gewisse Zersetzungen, die sich im Körper ereignen, durch die Auflösung von Salzen und anderen festen Stoffen in seinen Flüssigkeiten erleidet. Wir fanden früher*), daß durchschnittlich, wenn wir bei dem Kilogramm als Einheit bleiben, für die

*) Bd. I. S. 364.

	Wärmeeinheiten.
Erwärmung von Speisen u. Getränken	68
„ der eingeathmeten Luft	86
Verdunstung in den Lungen	174
„ auf der Haut	633

also zusammen 961 Wärmeeinheiten verloren gehen. Dies ist allein reichlich ein Drittel der Verbrennungswärme unserer Nahrung. Beinahe zwei Drittel blieben also zur Verfügung für Leitung und Strahlung — um hier von den oben erwähnten, jedenfalls nur kleinen Nebenwerthen abzusehen — und für Arbeit jeglicher Art.

Nun läßt sich aber die Arbeit, die ein kräftiger Mann in 8 Stunden des Tages leistet, in runder Zahl zu 300000 Kilogrammmeter veranschlagen, d. h. ein kräftiger Arbeiter vermag in 8 Stunden angestrengter Arbeit 300000 Kilogramm auf die Höhe von 1 Meter zu heben. Theilen wir in die Zahl 300000 mit 425, dann erhalten wir die dieser mechanischen Arbeit entsprechende Zahl von Wärmeeinheiten, und wir finden 706. Also würden durch die angestrengte Arbeit eines Mannes in der Arbeitszeit eines Tages 706 Wärmeeinheiten verbraucht. Die Gesammtzahl entwickelter Wärmeeinheiten fanden wir 2750. Und da $\frac{2750}{706} = 3{,}89$, dürfen wir sagen, daß ein

kräftiger Mann in runder Zahl bis zu 1/4 der von ihm erzeugten Wärme in Arbeit umsetzt.

Andere Forscher, die von weniger sicheren Zahlen oder weniger umfassenden Voraussetzungen ausgingen, haben für die vom arbeitenden Menschen erreichbare Nutzwirkung geringere Zahlen berechnet. J. R. Mayer nimmt z. B. an, daß die mechanische Nutzwirkung eines Mannes nur 1/5 der von ihm erzeugbaren Wärmeeinheiten beträgt*), allein statt von der Verbrennungswärme der organischen Nahrungsstoffe auszugehen, die zu seiner Zeit noch nicht bestimmt war, legt er die Verbrennungswärme des in der Nahrung enthaltenen Kohlenstoffs zu Grunde.

Ergänzen wir nun die Summe der verausgabten Wärmeeinheiten, die wir oben**) in Erinnerung gebracht, dann finden wir für

	Wärmeeinheiten.
Erwärmung der Speisen und Getränke	68
„ „ eingeathmeten Luft	86
Verdunstung in den Lungen	174
„ auf der Haut	633
Wärmewerth geleisteter Arbeit	706
zusammen	1667,

*) J. R. Mayer, Die Mechanik der Wärme S. 71 in der Abhandlung: Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, aus dem Jahre 1845.

**) Seite 521.

und da 2750 — 1667 = 1083, so bleiben 1083 Wärmeeinheiten für andere Vorgänge übrig, unter welchen die Strahlung und Leitung einen ansehnlichen Platz einnehmen müssen.

Die Größe dieses Ueberschusses hat für die folgenden Betrachtungen großen Werth. Deshalb sei noch darauf hingewiesen, daß der Erfahrungswerth, der oben für die tägliche mechanische Arbeit eines kräftigen Mannes zu Grunde gelegt wurde, kein niedriger ist. J. R. Mayer ging von der Annahme aus, daß die Nutzwirkung eines starken Arbeiters 1/7 von der eines Pferdes beträgt*). Und wir sind ihm bei obiger Rechnung gefolgt. Im praktischen Leben nimmt man jedoch ihren Werth gewöhnlich nur gleich 1/8.

Paul de Saint-Robert geht von der Erfahrung aus, daß ein Mann die größte Arbeit leistet, deren er fähig ist, wenn er seinen eigenen Körper hebt, indem er eine sanft geneigte Ebene hinauf steigt. Hierbei könne er, ohne sich zu sehr anzustrengen, in 8 Stunden die Nutzwirkung von 280 800 Kilogrammmeter hervorbringen**). Theilen wir in diese Zahl mit 425, dann erhalten wir 661, und in 2750 geht diese Zahl 4,16 mal auf. Nach Saint-Robert

---

*) J. R. Mayer, a. a. O. S. 62, 130.

**) Paul de Saint-Robert, Principes de thermodynamique, 2ᵉ édition, Turin et Florence, 1870 p. 402.

würde also der Wärmewerth der in einem Tage vom Menschen geleisteten Arbeit etwas weniger als 1/4 der gesammten Verbrennungswärme der Nahrung betragen, während wir etwas mehr als 1/4 erhielten. Folgen wir Saint-Robert, indem wir zu seinem Wärmewerth der geleisteten Arbeit die für die Erwärmung der Speisen und Getränke und der eingeathmeten Luft, sowie für die Verdunstung auf der Haut und in den Lungen benöthigten Wärmeeinheiten hinzuzählen und die Summe von der gesammten entwickelten Wärmemenge abziehen, dann erhalten wir 2750—1622=1128, d. h. 45 Wärmeeinheiten mehr, die 19125 auf 1 Kilogramm bezogenen Arbeitseinheiten entsprechen.

Aber schon in der sogenannten arbeitenden Klasse giebt es zahlreiche Menschen, die nicht so viel von der in ihrem Körper entwickelbaren Wärmemenge in mechanische Arbeit umsetzen. Bei allen denen aber, die ein äußerlich ruhigeres Leben führen, die mehr walten als schalten, mehr denken als hämmern, ist der Werth natürlich noch sehr viel geringer. Nehmen wir an, es handele sich um einen bescheidenen Beamten, der zehn Meter über der Straße wohnt. Er habe zweimal am Tage seine zwanzig Meter hoch in dem fünften Stock eines großen Palastes gelegene Amtsstube zu besuchen und gehe ein drittes Mal aus dem Hause, um einen Spaziergang von einer Stunde zu

machen. Sein doppelter Weg von Hause ins Amt und zurück nehme mit allen sonst üblichen Gängen vierzig Minuten in Anspruch. Dieser Beamte steigt also dreimal seine eigene Treppe und zweimal die des Amtshauses. Er erhebt die Last seines eigenen Körpers, durchschnittlich 63,65 Kilogramm, täglich auf die Höhe von 70 Meter. Außerdem geht er, setzen wir auf ebener Fläche, im Ganzen 100 Minuten. Für das Treppensteigen hat also unser Beamter täglich $63{,}65 \times 70 = 4455{,}5$ Arbeitseinheiten zu verausgaben.

Was nun das Gehen auf ebenem Wege betrifft, so weiß man durch die Gebrüder Weber, daß bei jedem gewöhnlichen Schritt der Schwerpunkt des Körpers um etwa 2 Centimeter über den Boden erhoben wird, da er sich, so oft ein Fuß vor dem anderen aufgesetzt wird, um ebensoviel aus seiner Lage senkt. Nimmt man die Schrittlänge gleich 0,75 Meter und die Schrittdauer gleich der des militärischen Schrittes, d. h. gleich $^3/_4$ Secunde, dann würden in 100 Minuten 8000 Schritte zurückgelegt. Da bei jedem Schritt der Körper um 0,02 Meter gehoben wird, so hätten wir in 100 Minuten die mechanische Arbeit von $63{,}65 \times 0{,}02 \times 8000 = 10184$. Allerdings bleibt der Körper nicht gehoben, und indem der Schwerpunkt wieder um ebenso viel sinkt, wie er gehoben ward, wird die betreffende Arbeit

in Wärme zurückverwandelt. Aber ob es nun Arbeit ist oder Wärme, in welche die Arbeit verwandelt wurde, die betreffende Kraftleistung wurde doch vom Körper aufgeboten, und wir können also sagen, daß, wenn der Beamte in 1 Stunde und 40 Minuten 8000 Schritte macht und bei jedem Schritte den Schwerpunkt des Körpers um 0,02 Meter hebt, er in eben jener Zeit 10184 Arbeitseinheiten oder $\frac{10184}{425} = 24$ Wärmeeinheiten verausgabt.

Dazu kommt nun, daß bei jedem Schritt dem Schwerpunkt eine Geschwindigkeit in wagerechter Richtung ertheilt wird, die nach den hier vorausgesetzten Größen 1 Meter in der Secunde beträgt. Nach den für die Fallgesetze gültigen Formeln*) gehört zu dieser Geschwindigkeit die Geschwindigkeitshöhe von 51 Millimeter, d. h. die Höhe, aus welcher der Körper fallen müßte, um diese Geschwindigkeit zu erreichen, ist 0,051 Meter. Daraus folgt, daß die horizontale Geschwindigkeit, welche jeder Schritt dem Schwerpunkt des Körpers ertheilt, der Wärmemenge gleichwerthig ist, welche der Körper, wenn er aus einer Höhe von 51 Millimeter herabfiele, durch den Stoß gegen den Boden entwickeln würde. Diese Wärmemenge entspricht aber der Arbeitsmenge, die geliefert wird, wenn sich das

---

*) $S = \frac{v^2}{2\,g}$; $g = 9{,}8$ Meter.

Körpergewicht auf die Höhe von 0,051 Meter hebt, oder 63,65 × 0,051 = 3,246. Und diese Zahl ist wegen der 8000 Schritte, die in den 100 Minuten gemacht werden, 8000 mal zu nehmen. Wir erhalten 25968 Kilogrammmeter oder 61 Wärmeeinheiten. Zählen wir diese zu den 24, die für die 8000 Hebungen des Körpers um 0,02 Meter in gleicher Zeit verausgabt wurden, so bekommen wir 85 Wärmeeinheiten, von denen etwa 28% durch den Stoß der Füße auf den Erdboden und 62% durch die Reibung der Füße entwickelt und verausgabt werden*).

Führen wir nun diese Zahl in die Liste der Wärmeverluste ein, die wir früher zusammengezählt haben, dann erhalten wir

	Wärmeeinheiten.
für Erwärmung der Speisen u. Getränke	68
" " " eingeathmeten Luft	86
" Verdunstung in den Lungen	174
" " auf der Haut	633
" den Wärmewerth geleisteter Arbeit	85
zusammen	1046.

*) Bei der Berechnung der durch's Gehen verausgabten Wärmeeinheiten sind Poisson und Saint-Robert unsere Führer gewesen. Wir sind nur von einer anderen Mittelzahl für das Körpergewicht und die Geschwindigkeit des Schrittes ausgegangen. Vgl. Paul de Saint-Robert, a. a. O. p. 405—409.

Es bleiben also von der im Körper erzeugten Verbrennungswärme 2750 — 1046 = 1704 Wärmeeinheiten übrig, statt der 1083, die beim angestrengten Arbeiter übrig waren, oder ein Mehr von 621.

Dieses Mehr bliebe also zur Verwendung für alle die Thätigkeiten, welche die geistige Arbeit zusammensetzen, Empfindung, Beobachtung, Urtheil und Schlußfolgerung.

Um uns selber nicht zu täuschen, haben wir dem Beamten, den wir oben als Beispiel wählten, keine allzu kleine Arbeit an Treppensteigen und Spaziergang auferlegt, da wir ihm die Geschwindigkeit eines Soldatenmarsches zumutheten. Wir hätten sonst einen noch größeren Ueberschuß herausrechnen können. Der Beamte, den wir im Auge hatten, mag etwa in der Mitte stehen zwischen einem eigentlichen Stubengelehrten und einem kräftigen Arbeiter.

Andererseits wird man selbst dem angestrengtesten und am wenigsten begnadeten Arbeiter seinen Theil von Denkthätigkeit nicht absprechen wollen. Es wäre daher nicht statthaft, anzunehmen, daß er alle Wärme, die ihm Nahrung, eingeathmete Luft, Verdunstung und Arbeit übrig lassen, nur für den Verlust durch Strahlung und Leitung hergeben müßte. Wir haben freilich keine Anhaltspunkte, um die wandelbaren Verluste durch Strahlung und Leitung auch nur

einigermaßen zu schätzen. Da sie aber im Allgemeinen beim Arbeiter größer sein müssen als beim Denker, so ist jedenfalls die diesem letzteren zur Verfügung bleibende Zahl von Wärmeeinheiten größer als 621; es dürfte eine äußerst bescheidene Annahme sein, wenn wir mindestens 800 dafür in Rechnung setzen. Dann wäre die Summe der Wärmeeinheiten, die der Denker für seine Thätigkeit verbraucht, der des Arbeiters überlegen.

Auf den ersten Blick könnte es zwar scheinen, als würde ein Theil dieses Ueberschusses an Wärmeeinheiten für andere Verrichtungen verbraucht, z. B. für die Herzthätigkeit. Es wird nämlich bei jeder Zusammenziehung unserer linken Herzkammer 180 Gramm Blut unter dem Drucke einer Blutsäule von etwa 3 Meter Höhe herausgetrieben, d. h. die 180 Gramm Blut könnten, wenn sie frei aus der Oeffnung der Aorta in die Höhe spritzten, um 3 Meter erhoben werden. Daher leistet die linke Herzkammer bei jeder Zusammenziehung, d. h. bei jedem Pulse, eine mechanische Arbeit von 0,540 Kilogrammmeter, sie vermag 540 Gramm auf die Höhe von 1 Meter zu heben. Da nun das Herz beim Manne zwischen 30 und 50 Jahren sich 72 Mal in der Minute zusammenzieht, erhalten wir für die Minute 0,540 × 72 = 38,880 Kilogrammmeter, für die Stunde 2332,8 kgm und

für den Tag 55987 Arbeitseinheiten, welche 132 Wärmeeinheiten entsprechen. Und da die rechte Herzkammer bei jeder Zusammenziehung die gleiche Blutmenge austreibt, nur unter einem dreifach geringeren Druck, so hätten wir jenen Werth noch um 1/3 zu vergrößern, was 74649 Arbeitseinheiten oder 176 Wärmeeinheiten giebt.

Allein J. R. Mayer hat schon mit Recht bemerkt, daß diese Herzthätigkeit nicht unter den verausgabten Wärmeeinheiten aufzuzählen ist*). Die mechanische Nutzwirkung wird durch die Widerstände, welche der Blutstrom in den Gefäßen, namentlich in den engsten oder sogenannten Haargefäßen zu überwinden hat, im Körper selbst in Wärme zurückverwandelt**).

Diese Betrachtung paßt aber nicht auf die mechanische Nutzwirkung, welche die Athembewegungen voraussetzen. Bei jeder gewöhnlichen Einathmung wird der Raum der Brusthöhle um etwa 500 Kubikcentimeter erweitert. Diese Raumvergrößerung wird dadurch erreicht, daß sich das Zwerchfell gegen die Bauchhöhle senkt. Die Oberfläche des Zwerchfells läßt sich nach Donders bei einem kräftigen Manne

---

*) J. R. Mayer, a. a. O. S. 139, 140. Aus dem Jahre 1862.

**) Vgl. Adolf Fick, Die medicinische Physik, 2. Aufl. Braunschweig 1866, S. 209, 3. Aufl. 1885, S. 218 u. 224.

zu 350 Quadratcentimeter veranschlagen. Um also die Erweiterung von 500 Kubikcentimeter zu erreichen, müssen die einzelnen Punkte des Zwerchfells um 1,43 Centimeter nach unten ausweichen. Setzt man nun mit Donders den Druck, den die einzelnen Punkte des Zwerchfells beim ruhigen Einathmen zu überwinden haben, gleich einer Quecksilbersäule von 22 Millimeter Höhe, so hat jeder Punkt des Zwerchfells, indem er sich um 1,43 Centimeter senkt, den Druck einer Quecksilbersäule von 22 Millimeter Höhe zu überwinden. Das Gewicht einer solchen Quecksilbersäule von 1 Quadratcentimeter Querschnitt ist nun 30 Gramm. Die Einathmung muß dieses Gewicht, entsprechend der Oberfläche des Zwerchfells, 350mal zur Höhe von 1,43 Centimeter heben. Auf Kilogrammmeter als Einheit zurückgeführt, giebt uns dies $350 \times 0{,}03 \times 0{,}0143 = 0{,}150$, mit anderen Worten, jeder einzelne Athemzug hätte bei ruhigem, nur durch das Zwerchfell bewirkten Einathmen 150 Gramm auf die Höhe eines Meters zu heben. Setzen wir 16 Athemzüge für die Minute, so giebt dies 1,4 Kilogrammmeter für die Minute, 84 Kilogrammmeter für die Stunde und 2016 für 24 Stunden. Diese Zahl von Arbeitseinheiten entspricht 4,7 Wärmeeinheiten. Der Werth ist verhältnismäßig so gering, daß er kaum in Betracht gezogen zu werden verdient, zumal wir den

Ueberschuß der Wärmeeinheiten, die nach Abzug der für Erwärmung der eingeführten Nahrung und Luft, für Verdunstung und in die Augen fallende mechanische Arbeit erforderlichen übrig bleiben, nicht zu unserem Vortheil berechnet haben. Der Widerstand, den das Zwerchfell durch etwaige Drehung der unteren Rippen bei ruhigem Athmen überwinden muß, ist so gering, daß wir ihn füglich vernachlässigen können, und wäre er größer, so gälte von ihm, was oben von dem Widerstande, den das Herz in den Blutgefäßen des Körpers zu bewältigen hat, ausgesagt wurde: es handelt sich um eine Nutzwirkung, die innerhalb des Körpers in Wärme zurückverwandelt wird, also, um mit Mayer zu reden, keinen besonderen Posten in dem Budget des Organismus darstellt.

So ist denn der bedeutende Ueberschuß an Wärmeeinheiten, der dem Denkthätigen zur Verfügung bleibt, sicher gestellt.

Es läßt sich aber ebenso wenig annehmen, daß 800 Wärmeeinheiten oder 340000 Arbeitseinheiten zu nichts werden, als es annehmbar ist, daß die Gedankenthätigkeit aus nichts entsteht.

Das Hirn verbraucht beim Wahrnehmen und beim Denken Blut, um so mehr Blut, je angestrengter es denkt. Bei der Reizung, die das Licht aufs Auge

ausübt, häufig auch in Folge von Gehörreizen*), wird die Menge der in gleicher Zeit von gleichem Körpergewicht ausgehauchten Kohlensäure vermehrt. Durch Hirnreizung wird, wie ich mit Battistini gefunden, sowohl die weiße wie die graue Substanz stärker sauer**). Wir werden in Folge angestrengter Gedankenthätigkeit hungerig und wärmer***); wir leeren mit dem Harn mehr Harnstoff, mehr Phosphor- und Schwefelsäure aus†). Wir werden vom Denken müde wie vom Gehen und Lastenheben.

Ist es demnach zu verwundern, wenn wir nicht zugleich große Gedanken und große Lasten heben können? Dasselbe Blut, aus dem das Hirn seinen Vorrath schöpft, um Thätigkeit zu entwickeln, kann nicht zugleich in vermehrter Menge den Muskeln Brennstoff liefern. Es ist eine allbekannte Thatsache, daß geistig angestrengte Menschen ihren Muskeln nur mäßige Arbeit zumuthen können. Cabanis ist gewiß nicht der Erste, der es gesagt hat, aber er hat es

*) Ich behaupte dies nach eigenen, bisher nicht veröffentlichten Untersuchungen. Bisweilen wird durch anhaltende Gehöreindrücke die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vermindert.

**) Jac. Moleschott und Attilio Battistini, Über die chemische Reaction der quergestreiften Muskeln und verschiedener Theile des Nervensystems während der Ruhe und nach der Arbeit, in Moleschott's Untersuchungen, Bd. XIII., S. 320—326.

***) Vgl. oben S. 267, 268.

†) Vgl. oben S. 267.

vortrefflich gesagt: „Wir wissen, daß die Arbeiten, „welche große Bewegungen und großen Aufwand von „Muskelkraft erfordern, diese Kraft üben und die „Muskeln entwickeln und mehren, während sie die „Empfindungsfähigkeit des Nervensystems abstumpfen. „Ebenso wissen wir, daß sitzende Arbeit, die nur wenig „Bewegung und physische Anstrengung erfordert, die „Muskeln schwächt; und wenn dabei die geistige „Thätigkeit geübt wird, so ertheilt diese Arbeit dem „Hirn und dem ganzen Empfindungsvermögen einen „bemerkenswerthen Zuwachs an Schärfe und Thätig- „keit. Holzhauer, Lastträger, Hafenarbeiter, mit einem „Worte schwer arbeitende Tagelöhner besitzen weniger „feine Empfindung und größere Muskelkraft; Schuster, „Schneider, Sticker u. s. w. sind schwächer, aber em- „pfänglicher für sinnliche Eindrücke*)“.

*) Cabanis, Rapports du physique et du moral de „l'homme, Paris 1824, Tome III, page 319, 320. „Nous savons, „par exemple, que les travaux qui s'exécutent par de grands „mouvemens, et qui demandent de grandes forces musculaires, „cultivent ces mêmes forces, les développent et les accroissent; „tandis qu'au contraire ils émoussent la sensibilité du „système nerveux. Nous savons aussi que les travaux sé- „dentaires, qui n'exigent que peu de mouvemens et point „d'efforts physiques, énervent le système musculaire; et pour „peu qu'ils exercent le moral, ces travaux donnent à tout „l'organe cérébral et sensitif un surcroît remarquable de finesse „et d'activité. Les bûcherons, les porte-faix, les ouvriers des „ports, en un mot tous les hommes de peine, sont moins sen-

Wer für sich selbst ein scharfes Auge hat, kann die gegenseitige Ausschließung von geistiger und Muskelarbeit bis ins Einzelnste verfolgen. Wer von einem anstrengenden Spaziergang übermüdet nach Hause kommt, hat sein Hirn dermaßen an Blut verarmt, daß er in der ersten Zeit oft nicht fähig ist, einen Brief zu öffnen und warten muß, bis das Interesse, das ihm das Schreiben einflößt, seinem Hirne einen hinlänglichen Vorrath von Blut zugeführt hat, so daß er statt Muskelarbeit geistige Thätigkeit auf sich nehmen kann. Die Schriftzüge, die sein Auge, oder die verkündigenden Worte, die sein Ohr reizten, haben auf reflectorischem Wege sein Herz angeregt, und während seine Muskeln ruhten, fing sein Hirn an zu arbeiten. Deshalb ist man auf einem ermüdenden Spaziergange so gerne stumm, und Alle verstummen, wenn die Ermüdung eingetreten. Man erzählt von zwei berühmten deutschen Gelehrten, die es liebten, mit einander spazieren zu gehen, daß sie unterwegs kein Wort sprachen, wenn sie aber heimkehrten, sich so behaglich fühlten, als hätten sie mit einander die anregendste Unterhaltung gehabt.

Liegt es uns ob, einen schwierigen Gegenstand zu

„sibles et plus vigoureux; les cordonniers, les tailleurs, les brodeurs, etc. etc. sont plus faibles et plus susceptibles de toutes les impressions.“ Vgl. auch Tome II., p. 303 und viele andere Stellen.

studiren, so mögen wir kein schweres Buch in der Hand halten, und es ist keineswegs als Faulheit zu deuten, wenn wir bei aufmerksamem Denken oder von schwerem Kummer überwältigt, die bequemste Lage einzunehmen suchen.

Niemals sind wir weniger zu tiefem Nachdenken aufgelegt, niemals weniger zu feiner und scharfer Empfindung befähigt, als wenn wir uns kräftigen Leibesübungen überlassen. Der Tanz berauscht die Sinne. Die Jäger erzählen Jagdgeschichten.

Und umgekehrt, wenn wir tief im Innern bewegt sind, in Gedanken verloren, in einem sinnlichen Genusse schwelgen, verläßt uns die Muskelkraft, ja sogar Muskeln, die für gewöhnlich in einem mäßigen Grade der Zusammenziehung verweilen, können plötzlich erschlaffen. Bei einer Trauerbotschaft entsinkt das Buch unseren Händen. Wer auf dem Klavier einen hübschen Gesang begleitet, kann in solches Entzücken gerathen, daß er das Begleiten darüber vergißt. Und was einem geängstigten Knaben alles in der Angst begegnen kann, davon ist's hübscher schweigen.

Allbekannt ist die Theilung der Arbeit zwischen die einzelnen Sinne. Wer einer Musik lauscht, schließt gern die Augen. Die Blinden zeichnen sich durch die ungewöhnliche Schärfe ihres Tastsinns aus. Niemals ist unser Geruchssinn empfindlicher als bei der Nacht,

wenn die anderen Sinne ruhen; ein schwacher brenzlicher Geruch genügt, um die Vorstellung einer Feuersbrunst zu erwecken. Weinschmecker kneifen während ihrer gewichtigsten Proben die Augen zu und hören auf keine Unterhaltung, für welche manche Lebemänner während eines ausgezeichneten Mahls ohnedies verloren sind. Und es ist ein Beispiel für dieselbe Erhaltungsregel, auf welches Delboeuf aufmerksam macht, daß Kurzsichtige, um besser zu hören, ihre Brille aufsetzen, weil sie dadurch die Anstrengung des Sehens mindern*).

Aber eben, weil Hören und Sehen uns ermüden, ist es aus dem Gesetze der Erhaltung der Kraft erklärlich, daß uns ein Sinnesreiz den peinlichsten Eindruck machen kann, wenn wir nach einer großen mechanischen Leistung erschöpft sind. Delboeuf erzählt davon ein packendes Beispiel, das bei jedem Selbstbeobachter einleuchtende Erinnerungen erwecken muß. „Bei einer Schweizerreise", sagt Delboeuf", „erstiegen „wir eines Tages in Gesellschaft, mit dem Ranzen „auf dem Rücken, von Meiringen aus das Faulhorn. „Unser Marsch, der an sich schon lang und beschwer„lich genug war, ward noch dadurch verlängert, daß „wir jeden Augenblick von unserem Wege abschweiften, „bald um eine Pflanze zu pflücken oder ein Insekt

*) Delboeuf, Éléments de psychophysique, Paris 1883, pag. 52.

„zu fangen, bald um irgend eine schöne Aussicht zu „bewundern. Sehr spät am Bachalpsee anlangend, „waren wir schon erschöpft und wir hatten noch eine „gute Stunde mühsam zu steigen. Einer von uns, „der am wenigsten ermüdet war, fing an, das Echo „erschallen zu machen. Es ist unsäglich, wie unan„genehm dieses Geschrei uns berührte; es war für „uns ein Zuwachs unserer Müdigkeit. Wir baten „ihn dringend still zu sein. Aber unsere Verstimmung „reizte ihn und er erfand ein neues Mittel, uns zu „quälen; er fing an, laut und so falsch als irgend „möglich zu singen. Es war nicht auszuhalten, und „wir drangen förmlich flehend in ihn, unsere Ohren „zu verschonen. Wir waren eben in einem Zustand, „in dem uns zum Hören keine Kraft mehr übrig blieb. „Die Kraft, welche das Hören in Anspruch nahm, „hätte man nach Metern, die zu steigen waren, „schätzen können. Unser Freund brachte für uns die„selbe Wirkung hervor, als wenn man das Faulhorn „höher gemacht hätte oder als wären wir einen Theil des „schon zurückgelegten Weges wieder hinuntergestiegen*)."

Hier hat Delboeuf das mechanische Aequivalent der Empfindung ausdrücklich anerkannt, wenn er sich auch hütet, einen Versuch zu machen, es in Zahlen auszudrücken. Aber der Grundgedanke von der Er-

*) Delboeuf, a. a. O. p. 52, 53.

haltung der Kraft im Organismus ist schon von Cabanis deutlich und beredt entwickelt worden. „Jedes „Organ“, sagt Cabanis, „hat von Natur ein ge„messenes und beschränktes Empfindungsvermögen; „durch dauernde Uebung lassen sich die Schranken „jenes Vermögens zwar bedeutend erweitern; allein „es geschieht immer auf Kosten anderer Organe, weil „das empfindende Wesen nur einer bestimmten Summe „von Aufmerksamkeit fähig ist, die in einer gewissen „Richtung nachläßt, wenn sie nach einer anderen mächtig „hingezogen wird*).“

Es war ein geniales Wort von Julius Robert Mayer**), als er die Fähigkeit der Muskeln, chemische Kraft in mechanische Nutzwirkung zu verwandeln, als das Wesen der Reizbarkeit bezeichnete. Aber was für die Muskeln gilt, ist in seiner Weise auf jedes lebende Gewebe unseres Körpers anwendbar.

Die chemische Kraft wird in der Gestalt von Blut zugeführt, das eine ganz ähnliche Rolle spielt, mag

---

*) Cabanis, a. a. O. Tome I. p. 111. „Car vous savez „que chaque organe a, dans l'ordre naturel, une faculté de „sentir limitée et circonscrite; que, cependant, des excitations „habituelles peuvent reculer beaucoup les bornes de cette fa„culté; mais que c'est toujours aux dépens des autres organes, „l'être sensitif n'étant capable que d'une certaine somme „d'attention, qui cesse de se diriger d'un côté, quand elle est „absorbée de l'autre.“

**) J. R. Mayer a. a. O. S. 110, 132.

es die Gewebe ernähren, oder ihnen den zu ihrer eigenthümlichen Verrichtung nöthigen Brennstoff liefern. In beiden Fällen handelt es sich um eine langsame Verbrennung der organischen Blutbestandtheile, welche größtentheils in den Geweben und nur zu einem kleinen Theile in der Blutbahn stattfindet. Im Augenblicke ihrer Oxydation verwandeln sich die eiweißartigen Blutbestandtheile in Leimbildner, ohne welche fast kein Gewebe des Körpers besteht; im Augenblicke der Oxydation der organischen Muskelstoffe wird Wärme erzeugt, die der Muskel, — um noch einmal mit Mayer zu reden*) — „im Status nascens zu seiner „Leistung verwendet".

So erscheint es denn als natürlich bedingt, daß im Allgemeinen unsere Organe um so blutreicher sind, je größer ihre Leistung ist. Und innerhalb der Organe, die das Nervenleben und unsere geistigen Verrichtungen beherrschen, ist die graue Substanz, die unsere Denkzellen, wie unsere Empfindungs- und Bewegungszellen beherbergt, sehr viel reicher an Blut, sie besitzt viel zahlreichere und weitere Blutgefäße als die weiße, welche hauptsächlich die Leitungsfasern unserer Nerven enthält.

Aber die von Hause aus blutreichen Organe erhalten einen reichlich vermehrten Zufluß von Blut,

*) J. R. Mayer, a. a. O. S. 99.

wenn sie in erhöhte Thätigkeit treten. Das von Delboeuf so hübsch durchgeführte Bild von der Kraft, die aus einem großen Behälter durch verschieden weite und nicht jederzeit gleichweite Oeffnungen bald hierher, bald dorthin in größerer Menge fließt und größere Leistungen möglich macht, ist wörtlich auf die Verhältnisse des Blutkreislaufs anzuwenden*). Schon Henle hatte vortrefflich gesagt: der Herzmuskel treibt, die Gefäßmuskeln vertheilen das Blut**). Wird der Bedarf an Blut in einem Organe größer, dann erweitern sich die zuführenden Gefäße, indem die kreisförmig in ihrer Wand verlaufenden Muskeln erschlaffen. Die entsprechenden Muskeln anderer Gefäße

---

*) Delboeuf, a. a. O. p. 54. „La force totale est „comme contenue dans un vaste réservoir qui s'alimente d'une „manière intermittente et s'écoule incessamment par des ouver- „tures déterminées, dans un certain nombre de vases plus „petits qui déversent leur trop plein au dehors. Ces ouver- „tures ne sont pas d'un diamètre constant; suivant les cas, „elles s'agrandissent et se rétrécissent de manière que l'écoule- „ment de la masse se fait davantage tantôt par un point, „tantôt par un autre. Mais on ne peut à cet égard dépasser „de certaines limites inscrites dans l'organisme. Il ne nous „est pas loisible de diriger l'écoulement total vers chacun de „ces vases indifféremment; les uns peuvent résister, les autres „se brisent."

**) „ . . . von dem Herzen hängt hauptsächlich die Blut- „bewegung, von den Gefäßen die Blutvertheilung ab." Henle, allgemeine Anatomie, Leipzig 1841, S. 512.

werden dagegen zusammengezogen, sie werden enger und lassen zu den verhältnißmäßig ruhenden Organen weniger Blut zu.

Es kann nicht oft genug daran erinnert werden, daß dem Hirn, wenn es hört oder denkt, mehr Blut zuströmt, geradeso wie die Magenschleimhaut blutreicher wird, wenn sie verdaut, die Drüsen, Speicheldrüsen, Bauchspeicheldrüse, Lungen u. s. w., wenn sie absondern oder athmen.

Am allerklarsten liegt die Sache aber bei den Muskeln, und es ist wiederum Mayer, der schon 1845 das bahnbrechende Wort gesprochen hat. Mayer fußt auf dem Vergleich zwischen der Arbeitsfähigkeit des Herzmuskels und der Nutzwirkung, die der Masse der übrigen Körpermuskeln erreichbar ist. Wir haben oben gefunden*), daß die linke Herzkammer eines erwachsenen Mannes in 24 Stunden eine Kraft entwickelt, welche 55 987 Arbeitseinheiten entspricht. Nach Valentin wiegt die Muskelwand der linken Herzkammer 136 Gramm. Ein Kilogramm solcher Muskelmasse würde also in 24 Stunden 411 816 Arbeitseinheiten liefern können. Nach E. Bischoff ist das Gewicht sämmtlicher Skelettmuskeln des Körpers gleich 41,8 % von dessen Gewicht**). Dies

---

*) S. 530.

**) Siehe Bd. I, S. 120.

ergiebt für das mittlere Gewicht eines dreißigjährigen Mannes (63,65 Kilogramm) 26,6 Kilogramm Muskelgewicht. Diese nun vermögen in einem Tage 300000 Arbeitseinheiten zu entwickeln, was für 1 Kilogramm 11267 ergiebt. Für gleiche Gewichtseinheit der Muskelmasse steht also die Leistung der Skelettmuskeln zu derjenigen der linken Herzkammer wie 11267 : 411816 = 1 : 36, oder in Worten, der Herzmuskel ist im Stande, für gleiches Gewicht seiner Masse eine 36 mal größere Last auf 1 Meter zu heben als die Skelettmuskeln *). Mayer schreibt diese gewaltige Ueberlegenheit des unausgesetzt arbeitenden Herzmuskels dem Blutreichthum des Herzfleisches zu und schließt, daß die dauernde Leistungsfähigkeit der Masse des durchkreisenden Blutes proportional ist.

Mayer hat den Vergleich auch auf einzelne Muskeln ausgedehnt. Wenn wir auf Einem Fuße stehend mittelst der Wadenmuskeln des betreffenden Beins die Ferse in die Höhe heben, so gelingt es uns dadurch das ganze Körpergewicht um 3 Centimeter zu erheben. Das mittlere Körpergewicht, wie oben, gleich 63,65 Kilogramm genommen, leistet man dabei eine Arbeit von $0{,}03 \times 63{,}65 = 1{,}9$ Kilogrammmeter, beinahe 4 mal so viel wie eine einzelne Zusammenziehung

*) Vgl. J. R. Mayer, S. 103. Mayer rechnet nur das 25 fache heraus, weil er den Skelettsmuskeln eine größere Arbeitskraft zuschreibt.

der linken Herzkammer (0,54 Kilogrammmeter*). Aber die Anstrengung, auf jene Weise mit den Wadenmuskeln den Körper zu heben, ist so groß, daß wir sie nur einige wenige Male unmittelbar hinter einander ausführen können.

Was aber hier Mayer mit Hülfe einer scharfsinnigen Ueberlegung bekannter Thatsachen erspähte, das haben später Bernard und Ludwig durch Versuche unmittelbar bewiesen. Sie fanden, daß der Muskel während seiner Zusammenziehung von einer größeren Menge Blut durchströmt wird als während der Erschlaffung.

So wird es denn eine lehrreiche, von Genzmer ganz richtig beobachtete und mit Recht hervorgehobene Thatsache, daß die Muskeln am leichtesten ihre Bewegung verstärken, deren Thätigkeit schon angebahnt ist. Ein jeder weiß, wie außerordentlich leicht bei Kindern durch verschiedene Hautreize Reflexbewegungen hervorgerufen werden können. Klopft man einem Kinde etwas unsanft gegen die Nase, so wird es unruhig und schreit, ist aber das Kind, während wir klopfen, im Saugen begriffen, so werden nur die Saugbewegungen verstärkt**). Die Reflexbewegung

---

*) Siehe oben S. 529.

**) Alfred Genzmer, Untersuchungen über die Sinneswahrnehmungen des neugeborenen Menschen, Halle a. S. 1882 S. 11.

macht sich in den Muskeln geltend, die schon von einem stärkeren Blutstrom durchflossen wurden. Ammen und Mütter bedienen sich nicht selten jenes Hülfsmittels, um ein kraftlos saugendes Kind zu stärkerem Saugen anzuregen. Und Genzmer benützte die Thatsache, um bei einem mehrwöchigen Kinde kleine Eiterpusteln aufzustechen, ohne daß es darauf während des Saugens anders als mit lebhafteren Saugbewegungen antwortete, während es sonst während des kleinen wundärztlichen Eingriffs heftig schrie.

Um schließlich einen leichteren Ueberblick zu gewähren, stelle ich die aus den obigen Betrachtungen für verschiedene Lebensstellungen sich ergebende Verwendung der im menschlichen Körper erzeugten Wärmeeinheiten tabellarisch zusammen.

Vertheilung der Wärmeeinheiten auf	Handwerker	Beamter	Denker
Erwärmung der Einfuhr	154	154	154
Verdunstung	807	807	807
Strahlung und Leitung	993 ?	993 ?	900 ?
Athembewegungen	10	7	5
Mechanische Arbeit	706	85	84
Denken	80 ?	704 ?	800 ?
Summe	2750	2750	2750

In dieser Tabelle sind die sichersten Zahlenwerthe aus den Uebersichten auf S. 522 und 527 übertragen:

sie beziehen sich auf die Erwärmung der Einfuhr (Speisen, Getränke und eingeathmete Luft), die Verdunstung (auf der Haut und in den Lungen) und die mechanische Arbeit, die etwas willkürlich für den Denker beinahe gleich der des Beamten angenommen wurde. Die Zahl für die Athembewegungen ist für den Denker, ganz ruhiges Athmen vorausgesetzt, berechnet worden *); der erhaltene Werth 4,7 ist zu 5 abgerundet. Es dürfte nicht unstatthaft sein, daß dieser Werth für den Handwerker verdoppelt und für den Beamten ein mittlerer Werth angenommen wurde.

Unter der Annahme, daß beim Handwerker die Wärmeeinheiten, die nach Abzug der für Erwärmung der Einfuhr, für Verdunstung und mechanische Arbeit verbrauchten übrig bleiben, zum weitaus größten Theile für Strahlung und Leitung und zu einem kleineren Theil für Denkarbeit ausgegeben werden, sind die betreffenden Zahlen 993 und 80 gefunden worden, die schon deshalb mit einem Fragezeichen versehen werden mußten, weil sie offenbar die am meisten schwankenden Werthe sind.

Für den Beamten wurde der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung, wieder etwas willkürlich, gleich dem des Handwerkers angenommen. Nach Abzug aller übrigen Werthe von 2750, der Summe der

*) Siehe S. 531.

in 24 Stunden erzeugbaren Wärmeeinheiten, blieb dann für die Denkbarkeit der Werth 704.

Um für den Denker, wie billig, einen größeren Werth (800) für die Gedankenarbeit zu erhalten, ward vorausgesetzt, daß er durch Strahlung und Leitung statt 993 nur 900 Wärmeeinheiten im Tage verliert, das heißt etwa ein Zehntel weniger als der Handwerker und Beamte.

Man sieht, wer an obiger Tabelle in Betracht einzelner Zahlenwerthe mäkeln will, findet zunächst an mir selber einen Genossen. Indeß die Zahlen, die für Erwärmung der Einfuhr, Verdunstung und mechanische Arbeit angesetzt wurden, können sich nicht weit von der Wahrheit entfernen. So hängt denn der hier berechnete Wärmewerth des Denkens hauptsächlich von der Zahl der Wärmeeinheiten ab, deren wir durch Strahlung und Leitung verlustig gehen. Es ist mißlich über diese Zahl zu urtheilen, da sie mit der Wärme der Umgebung so bedeutend schwanken muß; wenn uns aber nicht alles täuscht, ist diese Zahl eher zu groß als zu klein. Und daraus würde folgen, daß die von uns für den Wärmewerth des Denkens angenommenen Zahlen eher zu klein als zu groß sind.

Das, worauf es ankam, haben wir mit unseren Betrachtungen und Rechnungen zur Genüge erreicht.

Wenn wir alle verwerthbaren Posten des täglichen Wärmeverbrauchs in Zahlen ausdrücken und deren Summe mit den in 24 Stunden erzeugbaren Wärmeeinheiten vergleichen, dann bleibt für die Denkbarkeit ein ansehnlicher Rest.

Ergaben sich für den Handwerker, den Beamten, den Denker die Zahlen 80, 704 und 800, so fällt es uns doch nicht ein, das Denkäquivalent des Handwerkers zu $^1/_{10}$ oder das des Beamten zu $^7/_8$ desjenigen des Denkers veranschlagen zu wollen. Aber unsere Nachgiebigkeit beschränkt sich nicht hierauf. Die für das Denken herausgerechnete Zahl, wenn auch als Mittelwerth verstanden, ist im höchsten Grade unsicher. Sie kann aber unmöglich erheblich zu groß sein. Und, da ein Werth von 80 bis 800 Wärmeeinheiten, entsprechend 34000 bis 340000 Arbeitseinheiten, nicht zu nichts werden kann, so ist begrifflich das Dasein des Wärmeäquivalents des Denkens oder des Denkäquivalents der Wärme so sicher erwiesen wie das mechanische Wärmeäquivalent. Erklärt ist weder das eine noch das andere, und in dieser Beziehung hat das mechanische Aequivalent der Wärme vor dem Denkäquivalent nichts Wesentliches voraus.

Bei Besprechung der Willensbestimmtheit sagte Johann Jacoby einmal in seiner einschneidenden Weise, die ihn auch im vertraulichen Gespräche nicht verließ*), es sei nicht schwer den Glauben an den freien Willen zu widerlegen, aber es käme darauf an, zu zeigen, warum dieser Glaube so gern gehegt wird. Nicht minder nahe liegt die Frage, warum sich die Mehrzahl nachdenklicher Menschen gegen die Vorstellung von einem Wärmeäquivalent des Denkens auflehnt. Am nächsten liegt es hier, an eine Begriffsverwechslung zu denken. Es dürfte Vielen begegnen, daß sie, wenn von einem Wärmeäquivalent des Denkens die Rede ist, sich zu einem Wärmeäquivalent der Gedanken verirren.

Es wäre derselbe Irrthum, wie wenn man das mechanische Aequivalent der Arbeit mit dem Aequivalent ihrer Erzeugnisse verwechseln wollte.

Begrifflich wäre es nicht unmöglich, die mechanischen Aequivalente unter einander zu vergleichen, welche die Arbeit des Erbsenlesens, des Spitzenklöppelns und des Hobelns erzeugt; Niemand wird deshalb die Werthe des gehobelten Brettes, der Spitzen oder der gelesenen Erbsen miteinander vergleichen, sowie es Niemandem in den Sinn kommt, einen behauenen

*) Es war in Zürich am Tiefenbrunnen, auf dem Wege nach Küßnacht, im Jahre 1856.

Stein mit einer Bildsäule zu vergleichen, obgleich das mechanische Aequivalent der Arbeit des Steinmetzen zu dem der Arbeit des Bildhauers in einem meßbaren Verhältniß steht.

Wahrscheinlich haben Aesop und Lafontaine für die Erfindung ihrer Fabeln dieselbe Arbeit aufgeboten wie Dante oder Shakespeare für die Schöpfung ihrer Werke, und Goethe dürfte sich in seiner Weise beim Studium der Farbenlehre nicht weniger bemüht haben als Newton oder Huyghens, ohne daß darum zwischen jenen Fabeln und der Divina Comedia, zwischen dieser und Macbeth oder zwischen dem ästhetischen Farbenspiel und der Vibrationstheorie ein messender Vergleich zulässig wäre.

Ein Feldherr kann eine Schlacht gewinnen und verlieren mit demselben Aufwande von Blut und Tapferkeit. Ein gelungener Vortrag hat häufig nicht mehr Mühe gekostet als ein verfehlter. Der Erfolg der Arbeit wird bedingt durch den Stoff, die Zeit, die Vorbereitung und ihre Richtung, und dennoch bleibt der Aufwand an Kraft, der den Erfolg erzielte, meßbar, und alles Meßbare läßt sich vergleichen.

XXI.

Für's Leben.

Wer sich einmal Klarheit verschafft hat über die unzertrennliche Verbindung von Kraft und Stoff, die Klarheit, bei der man sich nicht mehr scheuen kann, aus jener Verbindung die letzten Folgerungen abzuleiten, der darf nicht müde werden, auf die Einwürfe von Leuten zu antworten, die der Meinung sind, daß die Menschheit durch die stoffgeistige Weltanschauung um alles Erhabene, um alles Schöne, um alle dichterische Auffassung gebracht wird. Und man darf diesen Einwurf nicht bloß von schlichten Laien erwarten, die sich hin und wieder über mangelhafte Sinne beklagen dürfen, weil sie ihre Beobachtungsgabe nicht geübt haben, sondern ebenso häufig von den Idealisten, die sich nur deshalb, im Gegensatz zu Realisten, Philosophen nennen, weil sie noch auf einem Bildungsstandpunkt stehen, der es ihnen unmöglich macht, die Erkenntniß des Stoffs und seiner Bewegungserscheinungen zu wollen.

Diejenigen, die ernstlich bemüht sind, dem Stoff auf seinen Wegen und Entwicklungsbahnen, der ewig vereinten Wanderung und Wandlung von Kraft und Stoff zu folgen, werden allmälig erbaut von der geistigen Bedeutung, die auch dem kleinsten und unscheinbarsten Stofftheilchen innewohnt. Man hat sich oft darin gefallen, den Encyclopädisten des vorigen Jahrhunderts vorzuwerfen, daß sie den Geist zum Stoff herabgezogen hätten. Und die Zeit ist mir nicht aus dem Gedächtniß geschwunden, in der ich selber mit einer gewissen philosophischen Schule wähnte, von einem erhabeneren Standpunkte auf Jene hinabsehen zu dürfen, weil es eine höhere Aufgabe zu verfolgen gäbe, den Stoff zum Geist zu erheben. Aber der Unterschied war so groß nicht. Er fällt nunmehr völlig hinweg, da Kraft und Geist vom Stoffe nicht zu trennen sind.

Ist es denn unpoetisch, wenn unsre stofflichen Verrichtungen unmittelbar geadelt sind, weil auch an den allerunscheinbarsten geistige Regung und Bewegung hängt? Oder inwiefern ist es dichterischer, wenn man sich einen unkörperlichen Schatten vorstellt, der am Tage der Auferstehung des Fleisches seine vermoderten Gebeine zusammensucht und das in Fäulniß übergegangene Kleid wieder anlegt, als wenn man im Stoffwechsel eine ewige Macht der Verjüngung, eine immer fließende Quelle jugendkräftigen Lebens sieht?

Es kommt nur darauf an, ob man sich bescheiden kann, den Stoff, der dachte und die Welt entwickelte, im Grabe ruhen zu lassen, bis ihn der Posaunenruf der Engel am jüngsten Tage weckt zur ewigen Erinnerung an persönliche Beschränktheit, oder ob man lieber den Stoff in immerwährender Bewegung weiß, aus Kohlensäure und Wasser, aus Dammsäure, Ammoniak und Salzen, Blumen und Früchte auf dem Grab gedeihen, neues, schwellendes Leben auf Triften und Fluren, eine neue Gedankenmacht in menschlichen Hirnen erwachsen sieht.

Die ersten Ringe in der Kette des Thierlebens verschlingen sich mit den Trieben jener organisirenden Schöpferkraft, welche die Pflanzen als das blühende Reich der unbewußten Dichtung erscheinen läßt. Durch die Thätigkeit des Sauerstoffs wird das Blut theilweise gebildet von dem Träger der Feuerglut, der es läutert zu dem Gewebe, dessen Stoffwechsel die Gedanken bedingt, der aber auch Hirn und Blut wieder verbrennt zu den einfachen Verbindungen, aus denen sich die knospende Pflanze verjüngt. Es ist Tod in dem Leben und Leben im Tode. Dieser Tod ist kein schwarzer, schreckender. Denn in der Luft und im Moder schweben und ruhen die ewig schwellenden Keime der Blüthe. Wer den Tod in diesem Zusammenhang kennt, der hat des Lebens unerschöpfliche Triebkraft erfaßt und mit ihr die ganze Fülle der

menschlichen Dichtung, die unwandelbar ruht auf den Marmorsäulen der Wahrheit.

Oder ist es gemein, wenn man das Ringen und Jagen der Menschen nach dem Stoff als eine Naturnothwendigkeit ansieht, in welcher der Stoff die Kraft zu liefern hat? Ist es gemein, wenn wir dem Arbeiter, der im Schweiße seines Angesichts oft nur an das Erringen des Lebensbedarfs zu denken hat, zurufen dürfen, daß er sich mit dem Brod den Stoff der edelsten Bewegungen verdient, deren Geschöpfe auf der Erde fähig sind? Ist es gemein, wenn man sich jedes Mahl zu einem Abendmahl verklärt, an dem wir gedankenlosen Stoff in denkende Menschen verwandeln, an dem wir also wirklich das Fleisch und Blut des Geistes genießen, um den Geist fortzutragen in alle Welttheile und in alle Zeiten durch die Kinder unserer Kinder?

Wenn die Kraft der Stoff und der Stoff die Kraft ist, dann wird es zu einer heiligen Aufgabe, den Stoff zu sparen, das heißt, ihn auf die Bahnen zu lenken und in die Verbindungen zu sammeln, in denen er auf dem kürzesten Wege die größte Wirkung entfalten kann. Und darin liegt die allmächtige Bedeutung, welche die Naturwissenschaft durch Erforschung des Stoffs in unsern Tagen erringt. Unser Prometheus lehrt die Menschen Chemie, Physik und Physio-

logie und verleiht ihnen dadurch die Herrschaft über die Elemente, welche aus einem durch Gedanken und Erkenntniß beherrschten Willen hervorgeht.

Liebig hat diesen Gedanken auch von seinem Standpunkt anerkannt, wenn er sagt, daß durch die Fortschritte, welche die Chemie der Entdeckung des Sauerstoffs verdankt, „der materielle Wohlstand der „Staaten um das Mehrfache erhöht worden ist, daß „das Vermögen eines jeden Einzelnen damit zuge„nommen hat*). Wie in dem thierischen Körper „der Stoffwechsel gemessen werden kann durch die „Anzahl der Blutkörperchen, welche in einer gegebenen „Zeit den Weg von dem Herzen zu den Kapillarien**) „und von da zurück zu dem Herzen nehmen, so ist der „Stoffwechsel im Staatskörper meßbar durch die Ge„schwindigkeit, mit welcher die Geldstücke von einer „Hand in die andere gelangen. Das Geld hat die Funk„tionen der Sauerstoffträger im Staat übernommen***). „Jeder Theil des ganzen Organismus hat ein natür„liches Recht auf die freieste Verwendung seiner Arbeits„kraft und Alle darauf, daß keiner den anderen hemmt „und hindert; das Maximum der Wirkung der Arbeits„kraft steht im umgekehrten Verhältniß zu der Summe

---

*) Liebig, Chemische Briefe, Heidelberg 1851, S. 6.

**) Haargefäße.

***) Liebig, a. a. O. S. 622, 623.

„der zu überwindenden Widerstände, je größer die „Widerstände sind, desto kleiner ist die Wirkung .... „Darum führt der barbarische Staat durch unrichtige „und ungleich vertheilte Besteuerung ganze Bevölke„rungen ihr Leben lang der Verhungerung entgegen, „wenn sie genöthigt sind, eine zu große Summe ihrer „eigenen Kraft zu ihrer bloßen Fortdauer und für „Zwecke zu verwenden, durch welche die Kräfte aller „einzelnen Theile nicht vollkommen wieder hergestellt „werden. Darum haben die Staaten mit großen stehen„den Heeren nur den Schein von Stärke, weil ein „dauernder Aderlaß den besten Theil ihres Bluts und „ihre edelsten Säfte entzieht; ihre Macht ist der Kraft „gleich, welche der Wilde im Branntweinrausche findet; „wenn der Rausch verfliegt, dann ist die Macht mit „der Kraft dahin*)."

Freie und richtige Vertheilung von Kraft und Stoff, das ist das Ziel, welches alle neueren Bewegungen mehr oder minder dunkel verfolgten, eben die Vertheilung des Stoffs, welche Allen die Arbeit und durch die Arbeit ein menschenwürdiges Dasein möglich macht, weil „jeder Theil des ganzen Organis„mus ein natürliches Recht hat auf die freieste Ver„wendung seiner Arbeitskraft".

Dem Leben und dem Einzelnen wäre freilich nicht

*) Liebig, a. a. O., S. 624, 625, 626.

gedient mit einer Theilung, die allen Schatten aufheben könnte, oder vielmehr eine solche Theilung wäre von allen Unmöglichkeiten die unmöglichste. So wenig zwei Menschen gleich sein können in Blut und Fleisch, in Hirn und Knochen, in der Form ihres Antlitzes und ihrem Gang, so wenig wäre eine communistische Theilung auch nur eine halbe Stunde lang möglich. Es ist nicht zu fürchten, daß eine solche Theilung den Schatten aufhebe, weil aller Schatten aufgehoben sein müßte, damit die Theilung ins Werk gesetzt werden könnte. Aber eben deshalb muß man eine Beschuldigung mit Ernst und Strenge zurückweisen, die man einem allgemeinen Gedanken, einer großartigen Richtung entgegenschleudert, während sie höchstens einzelne Verirrte trifft. Der socialistischen Erkenntniß des socialen Bedürfnisses gehört, trotz der Einsprache von Dichtern, Gelehrten und ruhesüchtigen Besitzern, die werkthätige Zukunft der Welt. Und daß nicht eitler Wahn uns die Erfüllung dieser Zukunft verspricht, das ist, abgesehen von allen Rücksichten der Menschlichkeit, ganz einfach verbürgt durch die unumstößliche Thatsache, daß die Kraft dem Stoffe folgt. Darum sollte man sich hüten, das Beiwort „socialistisch" zu einem Stichwort für raublustige Unvernunft zu machen und um so mehr, wenn man sich mit Liebig zu der Einsicht erhoben hat, daß „jeder Theil des ganzen Organismus

„ein natürliches Recht hat auf die freieste Verwendung „seiner Arbeitskraft“.

Das Leben fordert Arbeit, die Arbeit fordert Stoff. Und es ist gewiß die allerbeste Bereicherung, die das Leben der Wissenschaft verdankt, daß wir es täglich besser einsehen lernen, welcher Stoff zu jeder Arbeit gehört. Soll der Stoff in Gräbern und Särgen liegen, Niemandem zum Vortheil und häufig der nächsten Umgebung zur Last?

Ich kann es nie und nimmermehr als eine unvermeidliche Nothwendigkeit anerkennen, wenn Liebig sagt: „Der einzig wirkliche Verlust, dem wir nach „unseren Sitten nicht vorbeugen können, ist der an „phosphorsauren Salzen, welche die Menschen in ihren „Knochen mit in ihre Gräber nehmen*)“. Man braucht sich nur klar zu machen, daß die Sitte ein Spiegel der Erkenntniß ist, um sich ohne übermüthige Verachtung einer Scheu, die mit gewissen Glaubenssätzen zusammenhing, berechtigt zu fühlen, mit allem Nachdruck, der dem Wissen zu Gebote steht, einer solchen Verschwendung zu widerrathen.

Phosphorsaurer Kalk ist die Knochenerde, phosphorsaure Bittererde ist Muskelerde, phosphorsaures Kalium gehört zu den wichtigsten Salzen des Fleisches und der Milch, ohne einen Reichthum an phosphor-

*) Liebig, a. a. O., S. 674.

sauren Salzen ist die Entstehung des Gehirns nicht möglich. Und wenn alle diese phosphorsauren Salze in wucherndem Ueberfluß in unseren Kirchhöfen aufgespeichert werden, um nur den Würmern und dem Grase zu nützen, während sie ohne Arbeit und beinahe ohne Kosten zurückgeführt werden könnten in die Kreislinie des Lebens, die immer neue Kreise zeugt von Stoff und Kraft, warum sollen wir denn der Sitte dauernder Kirchhöfe huldigen, da wir doch blutigen Opfern und Hexenprocessen entsagt haben? Wer will über seinen phosphorsauren Kalk auch noch nach seinem Tode Herr sein, wenn er bedenkt, daß dieser phosphorsaure Kalk Veranlassung werden kann, daß seine Urenkel darben? Es ist doch wohl vernünftiger, diesen phosphorsauren Kalk durch die Pflanzen und Thiere hindurch in unseren Körper wandern zu lassen, als nur von fern die Möglichkeit zu gestatten, daß man, wie zu Paris, als es von Heinrich IV. belagert wurde, durch Hungersnoth dazu gezwungen wird, die Knochen der Todten unmittelbar beim Backen des Brodes zu verwenden.

Man brauchte nur jede Begräbnißstätte, nachdem sie ein Jahr lang benutzt wäre, mit einer neuen zu vertauschen, um nach sechs bis zehn Jahren einen der fruchtbarsten Aecker zu besitzen, der den Todten mehr Ehre macht als Denkmal und Grabhügel. Wie lange hat man es schon eingesehen, daß das Andenken be-

deutender Menschen weit edler durch nützliche und wohlthätige Stiftungen gefeiert wird als durch Erz und Bildsäulen! Begräbnißplätze, die nach zehn Jahren als fruchtbares Ackerland neue Menschen schaffen, wären ebenso viele Stiftungen, mit denen man nicht sowohl dem Elend abhelfen, als vielmehr dem Elend vorbeugen würde, unmittelbar durch Vermehrung des Getreides und mittelbar durch den Zuwachs an denkenden Menschen. Ganz beneidenswerth schiene mir's aber, wenn die äußeren Verhältnisse es möglich machen sollten, zu der Sitte der Alten zurückzukehren, die unstreitig viel dichterischer war. Wenn wir unsere Todten verbrennen könnten, dann würden wir die Luft bereichern mit Kohlensäure und Ammoniak, und die Asche, welche die Werkzeuge zu neuen Getreidepflanzen, zu Thieren und Menschen enthält, würde unsere Heiden in fruchtbare Fluren verwandeln. Es kann nicht fehlen, wenn wir es auch nicht erleben sollten, das Bedürfniß der Menschen, welches der oberste Rechtsgrund und die heiligste Quelle der Sitte ist, wird einmal unsere Kirchhöfe mit gleichen Augen betrachten, wie wir das Pfund, das ein ängstlicher Bauer vergräbt, statt vom sauer erworbenen Kapitale Zinsen zu ernten*). Nur die Unwissenheit ist Barbarei.

*) Die vorstehenden Seiten, denen die Zeit so vielfach Rechnung getragen, sind im Anfang des Jahres 1852 geschrieben. Vgl. die erste Ausgabe S. 442—445.

Diese Anschauung hat mehr Anstoß erregt, als ich in unserem Zeitalter erwartete, unter anderen bei dem Senat der Heidelberger Hochschule und dessen zweideutigem Vertheidiger in der Augsburger Allgemeinen Zeitung, von dem es heißt, er habe viele naturwissenschaftliche Bücher gelesen und geschrieben. Muß man einen Naturforscher daran erinnern, daß ganz dieselbe für heilig gehaltene Scheu Jahrhunderte lang sich den Leichenöffnungen widersetzte, und daß es doch nach und nach in Folge wachsender Einsicht dahin gekommen ist, daß in so mancher europäischen Stadt die Leichenöffnung sich gleichsam von selbst versteht? Man beruft sich auf ein natürliches Gefühl und vergißt, daß die Empfindung, wenn auch noch so langsam, doch allmälig der Erkenntniß sich anschmiegt. Es ist nun einmal nicht zu ändern, daß in solchen Dingen die Einsicht dem Gefühle voraneilt; aber es steht zu hoffen, daß dieser Erfahrungssatz, indem er den Menschen immer geläufiger werden muß, die aufrichtigen und unaufrichtigen Verketzerungen in immer engere Schranken zurückweisen wird. Und ließe sich nicht für unseren Fall vielleicht die Behauptung vertheidigen, daß bisweilen die Wärme, mit welcher das Andenken der Verstorbenen im Leben gepflegt wird, um so inniger ist, je weniger man mit prangenden Denkmälern seine Klagen der Oeffentlich-

keit preisgab? Wir ehren die Todten und geben von unserer Liebe Zeugniß durch die Erfüllung der Pflichten, die sie uns hinterlassen, und diese Pflichten erinnern uns an das Goethe'sche Wort: „Gedenke zu leben". — „Schreitet, schreitet ins Leben zurück! Nehmt den heiligen Ernst mit hinaus, denn der Ernst, der heilige, macht allein das Leben zur Ewigkeit." Mit diesen Worten schließt der weiseste unserer Dichter Mignon's erhebende Todtenfeier.

Um aber einzusehen, wie schwere Rechte hier das Leben geltend macht, will ich auf eine Stelle Liebig's aufmerksam machen, in der es heißt: „Ich habe, wie „viele vor mir, die Erfahrung gemacht, daß die Frucht„barmachung eines an sich unfruchtbaren Bodens, wenn „dessen Unfruchtbarkeit von dem Mangel an wirk„samen Bestandtheilen und nicht von einer ungeeig„neten physikalischen Beschaffenheit herrührt, zu Aus„gaben nöthigt, welche mehr betragen, als man für „den Ankauf des fruchtbarsten Feldes zu machen hätte." Und etwas weiter: „Es scheint, daß in vielen Fällen „die Hauptwirkung des Düngers auf unsren Feldern „darin besteht, daß in Folge der reichlicheren Nahrung „in der oberen Kruste des Feldes die Pflanzen während „der ersten Zeit ihrer Entwicklung die zehnfache, „vielleicht hundert- und tausendfache Anzahl von „Wurzelfasern treiben, die sie in dem magern Boden

„getrieben haben würden, und daß ihr späteres Wachs„thum im Verhältniß zu der Anzahl dieser Organe „steht, durch die sie befähigt werden, den minder „reichlichen Nahrungsstoff in den tieferen Schichten „aufzusuchen und sich anzueignen, und es erklärt sich „vielleicht hieraus, warum eine im Verhältniß zu der „im Boden enthaltenen kleine Menge von Am„moniak, von Alkalien und phosphorsauren Erden „die Fruchtbarkeit in so hohem Grade erhöht*).“ Und doch verscharren wir täglich Alkalien, Erden, Phosphorsäure in unsren Kirchhöfen, die phosphorsauren Salze, welche mit so unerschütterlichem Rechte als die wichtigsten Gewebebildner in dem Samen von Weizen und Erbsen und in dem Leib von Thieren und Menschen bezeichnet werden.

Nur glaube man nicht, daß es immer gespart ist, wenn man den in ewigem Kreislauf begriffenen Stoff unmittelbar dem Menschen einverleibt. Schon vor längerer Zeit haben Boussingault und Payen gelehrt, und neuerdings ist es von Millon, von Donders und Harting bestätigt worden, daß die Kleie des Mehls mehr Kleber, das heißt mehr ungelöstes Pflanzeneiweiß und Pflanzenleim, mehr Fett enthält, als das Mehl selbst. Und Millon hat daraus abgeleitet, daß es ein Verlust sei, wenn man

*) Liebig, ebendaselbst, S. 678, 679.

die Kleie nicht immer mit dem Brod vermischt und sie als Abfall den Thieren zuwirft. Millon glaubt sogar, daß man durch stete Verbindung der Kleie mit dem Brode Frankreich um viele Millionen Hektoliter eines vortrefflichen Nahrungsmittels bereichern könnte, und dies ohne irgend einen anderen Schaden, ohne Unkosten. Liebig schließt sich der Ansicht Millon's an, wenn er sagt: „Alle (diese) Hülfs„mittel, um in Hungerjahren die Noth der ärmeren „Klassen zu lindern, sind nur lokaler Natur und „machen für die Bewohner eines großen Landes im „Verhältniß zum Verbrauch nur wenig aus; es giebt „nur ein nachhaltiges Mittel für die weitesten Kreise, „was darin besteht, daß das feingemahlene Korn un„gebeutelt, d. h. das Mehl mit der Kleie zu Brod „verbacken und der ganze im Korn vorhandene Nahrungs„stoff dem Menschen zugewendet wird*)."

Von dem einseitigen Standpunkt des Chemikers ist diese Ansicht gewiß berechtigt. Es ist unbestritten, daß die Kleie mehr eiweißartigen Stoff, mehr Fett und mehr Salze enthält als gebeuteltes Mehl. Auch Kekulé hat wenigstens für das Fett und die Salze Zahlen gefunden, die mit den Angaben Millon's sehr nahe übereinstimmen. Und ich kann durchaus nicht mit Péligot zugeben, daß der Zusatz der Kleie

*) Liebig, ebendaselbst, S. 594.

eben wegen des reichlichen Fettgehalts bei der Bereitung des Brodes nachtheilig wäre, indem daraus ein minder schön aussehendes Brod hervorginge; denn das Aussehen des Brodes kann keinen wesentlichen Nachtheil bedingen, abgesehen davon, daß, wie Mouriès gelehrt hat, auch bei der Benützung der Kleie die braune Färbung verhütet werden kann, wenn man eine eigenthümliche Hefe, die in der Kleie vorkommt*), unschädlich macht.

Aber von Seiten des Lebens läßt sich gegen die stete Vermischung der Kleie mit dem Mehl oder richtiger gegen den alleinigen Gebrauch von ungebeuteltem Mehl ein sehr wichtiger Einwurf erheben: Brod, das aus ungebeuteltem Mehl gebacken ist, wird wegen seines größeren Gehalts an beinahe unlöslichem Zellstoff nur von kräftigen Verdauungswerkzeugen gehörig verdaut. Der Zellstoff geht ungelöst mit dem Koth ab und, was schlimmer ist, bei reizbaren Menschen, bei Frauen, Kindern, Greisen, zumal in den weniger kräftigen Ständen, erzeugt der Reiz, den der Zellstoff auf die Schleimhaut des Darms ausübt, sehr leicht Durchfall. Es ist also erstlich die ausnahmslose Benützung des ungebeutelten Mehls keineswegs frei von allem Schaden.

---

*) Cerealin.

Nun ist es aber zweitens gar keine Ersparniß, wenn man einen für Menschen schwerer verdaulichen Stoff den Thieren entzieht, um ihn nur den Menschen darzureichen. Und es ist durchaus ungerechtfertigt, wenn Millon behauptet, daß er durch die Kleie Frankreich bereichern könne, ohne alle Kosten des Ackerbaues und ohne einer andern Frucht auch nur einen Zoll breit des Bodens zu rauben. Wenn wir die Kleie als Abfall den Thieren reichen, dann wird kein Gran des Stoffs vergeudet, im Gegentheil, wir überweisen nur den Thieren eine Thätigkeit, die den schwerer verdaulichen Kleber in Eiweiß und Faserstoffbildner des Bluts, den für Menschen beinahe ganz unverdaulichen Zellstoff in Fett verwandelt. Wir erhalten den Stoff als Fleisch und Milch mit Zinsen zurück, indem wir uns eine Arbeit ersparen, die viel nützlicher nach einer andern Seite hin gerichtet wird. Durch Eiweiß und Fett wird der Arm unmittelbar gestählt und das Hirn gekräftigt. Wir setzen unmittelbar in Händearbeit und Gedanken um, was sonst bei der Verdauung noch einen langen Aufwand an Kraft erfordern würde. Giebt man den schwachen Verdauungswerkzeugen der Greise Kleienbrod, dann spart man ebenso wenig, wie wenn man dem Menschen unmittelbar Kohlensäure, Ammoniak und Wasser reichen wollte, statt sie von den Pflanzen erst in Eiweiß, Zucker und Fett

verwandeln zu lassen. Die schwache Verdauung des Greises ist nicht im Stande, die Kleie zur Blutbildung zu verwenden.

Entzieht man den Thieren den Theil der Kleie, der ihnen gewöhnlich zugewiesen wird, dann sind wir unmittelbar genöthigt, nützlichen Feldfrüchten den Boden zu rauben, und zwar schlimm genug dem Weizen selbst. Denn das Gewicht an Nahrungsstoff, das in der Kleie dem Thiere verloren geht, müssen wir durch andere Futterkräuter ersetzen. Ich frage aber, ob es ein Vortheil ist, wenn wir den Ertrag des Weizens vermindern müssen, um mehr Raum für Futterkräuter zu gewinnen, und ob wir nicht viel besser auf einem Felde Getreidesamen ziehen, die im gebeutelten Mehl den Menschen mit einem ausgezeichneten Nahrungsmittel versorgen, während der Abfall, die Kleie, den Thieren und durch diese in der allervortheilhaftesten Weise mittelbar den Menschen zu Gute kommt?

Für Zeiten der Noth muß sich das Urtheil anders gestalten, und man kann Liebig nur beistimmen, wenn er sagt: „Als Zusatz zum Mehl hat die Kleie „in Zeiten des Mangels einen weit höheren Werth „und ist durch keinen andern Nahrungsstoff ersetzbar*)." Die Noth lehrt beten. In Zeiten, in welchen der

*) Liebig, ebendaselbst, S. 595.

Erzeugung und der Benützung von Vorräthen kein Hinderniß im Wege steht, wäre es durchaus verwerflich, wenn man nach Millon's Vorschlag nur Kleienbrod backen wollte.

Weil die Kartoffeln zehn bis zwanzigmal mehr Fettbildner als Eiweiß enthalten, während das Blut mehr als fünfzigmal soviel eiweißartige Stoffe als Fett enthält, weil die Kartoffeln kaum ein Fünfzehntel der Menge des Eiweißes führen, die im Blute regelmäßig vorkommt, ist der in neuerer Zeit so häufig vorkommende Ausfall der Kartoffelernte nicht so schwer zu beklagen, wenn man statt der Kartoffeln vernünftig gewählte Stellvertreter baut.

Die Chinesen, Malayen, Perser, Araber und Aegypter genießen statt ihrer den Reis, die Bewohner der warmen Gegenden Amerikas, der Neger auf Surinam z. B., die Bananen, die Früchte des Bananen-Pisangs, Musa paradisiaca und Musa sapientum. Der Reis enthält zwar etwas mehr Eiweiß als die Kartoffeln, das Mehl der Bananen dagegen beträchtlich weniger (Mulder). In beiden, in Reis und Pisangfrüchten, herrschen die Fettbildner über das Eiweiß in ungeheurem Maaße vor; sie enthalten Eiweiß oder eiweißähnliche Körper in so geringer Menge, daß wir es nicht bedauern dürfen, wenn wir dem Armen die Kartoffeln durch jene tropischen Erzeugnisse nicht er-

setzen können. Französische Reisende haben vor Kurzem andere Pflanzen als Stellvertreter der Kartoffeln empfohlen. Verreaux lobt die Knollen eines trüffelartigen Gewächses, die im Innern von Afrika unter dem Namen native bread bekannt sind. Bose sah in Carolina, Trécul in Missouri die Wurzeln von Glycine Apios oder Apios tuberosa als Kartoffeln genießen. Man hat diese Wurzeln nach Frankreich übergepflanzt. Payen fand ihre Zusammensetzung den Kartoffeln höchst ähnlich; nur ist die neue Wurzel beinahe dreimal so reich an eiweißartigen Stoffen als die Kartoffeln. Noch reicher an Eiweiß fand Mulder die Knollen von Ullico tuberosus, einer Pflanze, die man in Holland und anderwärts statt der Kartoffeln zu bauen versucht hat. Und aus ähnlichen Gründen empfiehlt Decaisne die chinesische Batate (Dioscorea Batatas), in welcher Fremy einen klebrigen Eiweißkörper vorfand, der das Mehl dieser Wurzel zum Brodbacken verwendbar machen könnte. Aber alle diese Thatsachen können nur beweisen, daß es bessere Nahrungsmittel giebt als die Kartoffeln.

Zu suchen braucht man diese besseren Nahrungsmittel wahrhaftig nicht, viel weniger kostbare Reisen zu dem Zweck zu unternehmen und mühsam neue Pflanzungen einzuführen. Blühen doch Erbsen, Bohnen und Linsen vor unsren Augen. Erbsen, Bohnen und

Linsen enthalten annähernd soviel Eiweiß (Erbsenstoff) wie unser Blut, sie enthalten zwei bis dreimal soviel Fettbildner als Erbsenstoff und die Blutsalze in reichlicher Menge. Trotz dem höheren Preise und der kostspieligeren Bereitung sind Erbsen, Bohnen und Linsen billiger als Kartoffeln. Sie sind im Stande, gut gemischtes Blut zu erzeugen, Hirn und Muskeln zu kräftigen. Kartoffeln können dies nicht. Erbsen, Bohnen und Linsen werden durch ihre Nahrhaftigkeit um soviel billiger als Kartoffeln, wie Eisen billiger ist als Holz, wenn es sich um Schienen für unsre Dampfwagen handelt. Erbsen, Bohnen und Linsen geben Kraft zur Arbeit, sie verdienen sich selbst, während eine anhaltende Kartoffeldiät unfehlbar Schwäche und Siechthum nach sich zieht. Wer vierzehn Tage im wörtlichsten Sinne von nichts als Kartoffeln lebt, wird nicht mehr im Stande sein, sich seine Kartoffeln selbst zu verdienen.

Im Jahre 1850 habe ich den Alkohol eine Sparbüchse genannt*). Seitdem ist oft von Sparmitteln

---

*) Jac. Moleschott, Lehre der Nahrungsmittel für das Volk, erste Ausgabe, Erlangen 1850, S. 155: „Der Alkohol ist eine Sparbüchse, wenn man den Ausdruck verstehen will. Wer wenig ißt und mäßig Alkohol trinkt, behält so viel im Blut und in den Geweben, wie Jemand, der in entsprechendem Verhältnisse mehr ißt, ohne Bier, Wein oder Branntwein zu trinken."

die Rede in dem Sinne, daß gewisse Speisen oder Getränke, ohne daß sie selbst das Blut mit seinen wesentlichen Bestandtheilen versorgen, zu magerer Diät befähigen sollen, indem sie die Menge der Ausscheidungen verringern. So behauptet Gasparin, daß die Minenarbeiter zu Charleroi in Belgien nur etwa zwei Drittel von dem Gewicht, welches sonst ein erwachsener Mann an Eiweißkörpern zu sich nimmt, genießen. Diese Arbeiter sollen aber sehr viel Kaffee trinken, und nach Böcker's Versuchen werde in Folge des Kaffeegenusses viel weniger Harnstoff ausgeschieden. „Wir wissen überhaupt“, sagt Gasparin, „wie mäßig „die Völker sind, die viel Kaffee trinken. Die er„staunlichen Fasten der Karavanen, die karge Diät „der Araber unterstützen mit dem Ansehen alter Er„fahrung die Wirkungen, welche man jenem Getränke „zuschreiben kann; und die Austheilung von Kaffee „an unsre Truppen auf den ermüdenden Feldzügen „Algeriens wird als eines der besten Mittel betrachtet, „um zu den Strapatzen des Krieges zu befähigen.“ Abbadie ist schon gegen die von Gasparin aus einseitiger Beobachtung gemachten Folgerungen aufgetreten. Nach Abbadie ertragen die Wahabis, die Protestanten des Islam, die aus religiöser Ueberzeugung keinen Kaffee genießen, ihre Fasten ebenso leicht wie diejenigen Muselmänner, welche Kaffee

trinken. In Abyssinien aber, wo die Mohammedaner täglich wiederholt Kaffee zu sich nehmen, sollen diesen die Fasten beschwerlicher sein als den Christen. Dazu kommt, daß die Angabe Böcker's, die durch zahlreiche Versuche von Julius Lehmann erhärtet schien, von Hoppe-Seyler nicht bestätigt worden ist*). Proust und Smith haben allerdings gefunden, daß starker Thee die Menge der Kohlensäure, die wir ausathmen, vermindert. Aber selbst wenn diese Erfahrung auf den Kaffee Anwendung finden sollte, könnte man dennoch den Kaffee wohl als ein Sparmittel der Gewebe, nicht aber als ein Sparmittel für den Beutel betrachten. Sparmittel für den Beutel sind überhaupt nur nahrhafte Nahrungsmittel, d. h. solche Speisen und Getränke, die in richtigem Verhältniß dem Blute seine wesentlichen Bestandtheile zuführen.

Daher erweist es sich als Klugheit für den Arbeitgeber und als ein Recht des Arbeiters, daß in der Nahrung Fleisch und gutes Brod nicht fehlen. Während die Arbeiter in den Schmieden des Departements Tarn mit Pflanzenkost ernährt wurden, verloren sie durchschnittlich fünfzehn Tage des Jahrs durch Hunger und Krankheit. Als im Jahr 1833 durch Talabot Fleisch als ein wesentlicher Theil der Nahrung eingeführt wurde, verbesserte sich der Gesundheitszustand

*) Vgl. Band I, S. 468.

in dem Grade, daß jeder Arbeiter, statt fünfzehn, im Durchschnitt nur noch drei Tage im Jahr für die Arbeit verlor. Jeder Arbeiter gewann demnach zwölf Tage im Jahre, was für Millionen Arbeiter einen unermeßlichen Gewinn herausstellt.

Es verdient deshalb die dankbarste Anerkennung, daß Liebig durch seine schönen Untersuchungen über das Fleisch die Aufmerksamkeit aller Menschenfreunde in so nachdrücklicher Weise der von Parmentier und Proust empfohlenen Bereitung eines guten Fleischauszuges zugewendet hat. Durch Bereitung des Fleischauszuges wird es möglich, einen Theil — allerdings nicht den wesentlichsten — der Vorzüge des Fleisches auch da zugänglich zu machen, wo der Preis des Fleisches veranlaßt, daß der Arbeiter sich dasselbe durch Branntwein zu ersetzen sucht. „In Podolien, „in Buenos Ayres, in Mexico, in Australien, in vielen „Gegenden der Vereinigten Staaten Nordamerikas, wo „das Rindfleisch oder das Fleisch von Schafen kaum „einen Werth besitzt, ließen sich mit den einfachsten „Mitteln die größten Quantitäten des besten Fleisch„extractes sammeln, dessen Zufuhr für die kartoffel„essende Bevölkerung Europas vielleicht eine ganz be„sondere Bedeutung gewinnen dürfte“ (Liebig). James King schreibt an Liebig, daß in Neu-Süd-Wales das allerbeste Ochsenfleisch nicht über andert-

halb Kreuzer das Pfund kostet. Das Fleisch wird dort zur Gewinnung des Fetts ausgekocht; der nahrhafte Theil des Fleisches wird als Abfall weggeworfen.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts waren Kuchen von gallertig eingekochter Fleischbrühe bei der englischen Seemacht ein sehr gebräuchlicher und ständiger Artikel. Ein bis zwei Loth dieser Gallertkuchen, die vorzugsweise aus frischem Fleisch, besonders aus Rindfleisch gewonnen waren, wurden in Wasser oder in Erbsensuppe zerlassen, auch wohl zum Frühstück mit Weizengraupen oder Habermehl vermischt; sie gaben für eine Person ein kräftiges Gericht. In Texas, wo das Fleich gleichfalls sehr billig ist, hat Gail Borden in der allerneuesten Zeit eine Fabrik von Fleischzwieback errichtet. Das Fleisch wird längere Zeit gekocht, die erhaltene Flüssigkeit gehörig eingedampft, dann mit Weizenmehl vermischt zu einem Teig verarbeitet, der in Zwiebackform geschnitten und bei mäßiger Hitze gebacken wird. Nach den bisherigen Erfahrungen hält sich der Fleischzwieback achtzehn Monate unversehrt, und höchst wahrscheinlich viel länger. Man hat denselben um das Kap Horn und durch die Ebene nach Californien versandt, und er kam gut erhalten zurück. Offenbar liegt hier ein Nahrungsmittel vor, das in hohem Grade die Vortheile von Fleisch und Brod in sich vereinigt. Die

eingedickte Fleischbrühe enthält die in Wasser löslichen Stoffe des Fleisches, namentlich die Salze, ferner etwas Leim und Oxyde der eiweißartigen Körper, die beim Kochen des Eiweißes und der Fleischfaser entstehen und auch im Blute vorkommen. Da jedoch in der Fleischbrühe die Menge des eiweißartigen Stoffs verhältnißmäßig gering ist, so werden die Vorzüge ihrer anorganischen und schmackhaften Bestandtheile durch den eiweißähnlichen Kleber des Weizenmehls in vortrefflicher Weise ergänzt. Es steht zu hoffen, daß das Beispiel jener Fabrik in Texas bald auch an anderen Stellen in Amerika und namentlich in Australien Nachahmung finden wird.

Man hat es von jeher als einen Vortheil betrachtet, wenn ein Volk, das einem anderen Lebensbedürfnisse abkaufen muß, statt mit Geld, mit Naturerzeugnissen zu bezahlen im Stande ist. Bedenkt man, daß jeder Mensch aus seinem Körper täglich so viel, und gerade die Grundstoffe entfernt, die er in gleicher Art und Menge, nur in anderer Verbindung, in vierundzwanzig Stunden der Außenwelt entnehmen muß, so ist es klar, daß die Wissenschaft noch Unmeßliches zu leisten im Stande ist, um der Armuth durch richtige Vertheilung des Stoffes vorzubeugen. Es gilt nur den Stoff, der bei hundert und tausend Gelegenheiten als Abfall zwar nicht verloren geht, aber sich auf

Umwege verirrt, in der vortheilhaftesten Weise zu sammeln und auf dem kürzesten Wege dahin zu lenken, wo er die mächtigste Wirkung zu entfalten vermag. Kein Jahr verstreicht, das nicht in dieser Richtung durch neue Forschungen bedeutende Fortschritte brächte.

So haben wir von Chevandier gelernt, daß ein Gemenge von Kalk und Schwefelcalcium auf Wald und Wiesen den vortheilhaftesten Einfluß übt. Jenes Gemenge fällt bei der Fabrikation von Kali- und Natronsalzen durch Zersetzung schwefelsaurer Salze ab, und der Abfall, der sich in wahren Hügeln aufthürmt, wird in Marseille zum Beispiel an den Seestrand geworfen, wo er das Wasser verdirbt. Durch Benützung dieses Düngers könnten nicht nur an Ort und Stelle Wiesen und Waldungen gewinnen, sondern er könnte noch überdies zu einem vortheilhaften Handelsgegenstand werden, da die Beförderung übers Meer so wenig kostet. Wie Marseille, so sind auch Liverpool, Glasgow und Newcastle durch ihre großartigen Sodafabriken bekannt.

In dieser zeitgemäßen Ausbeutung des Wissens für das Leben liegt unstreitig eine der mächtigsten Stützen, die man der Sittlichkeit gewähren kann. Für unsre Bildungszustände muß die Achtung vor dem Eigenthum in umgekehrtem Verhältniß stehen zu dem Bedürfniß, das den Einzelnen zum Stehlen treibt.

Ich habe bei einer früheren Gelegenheit den Nutzen bezeichnet, den die Nordländer vom Branntwein haben, der ihnen unmittelbar durch seine Verbrennung und mittelbar durch Ersparung des Fetts zur Wärmequelle wird. Ist es da nicht ein merkwürdiger Zug, daß der Kamtschadale, der sonst zum Stehlen nicht geneigt ist, Branntwein stiehlt und nachher das offenherzige Geständniß ablegt, er habe nicht anders gekonnt, während man den Hottentotten, die nach Kolben Wein und Branntwein bei der Niederlassung der Holländer am Kap ganz ungemein liebten, geistige, Getränke ruhig anvertrauen konnte?

Theilungen, die darauf ausgehen sollten, alle Unterschiede auszugleichen, sind Unsinn und Thorheit, weil sie nach der innersten Natur des Menschen unmöglich sind. Und was dieser Natur widerspricht, ist selbstverständlich im Streit mit den werkthätigen Forderungen des Staats. Aber auch eine vernünftigere Theilung des Besitzes, bei der es dem Einen nicht verwehrt ist, sich nähren und reinigen zu können, wenn er nur arbeiten will, während der Andere vielleicht gerade an seinem Ueberflusse darbt, ist wohl nur sehr allmälig durch Veränderungen in den Erbschaftsverhältnissen anzubahnen, zu denen uns die besonnenen Amerikaner nach Fröbel's Berichten schon lehrreiche Beispiele geben. Der Forschung aber ist eine ganz

unmittelbare Einwirkung möglich gemacht, wenn sie den Muth besitzt, ihre Einsicht im Leben geltend zu machen.

Unmittelbar ist die Armuth nur ein Mangel an Stoff, der sich mittelbar ausspricht in dem Mangel an Geld. Ja, der Mangel an Geld wird in gewissem Sinne Nebensache. Denn das ist die großartigste Folgerung, die wir aus der Unsterblichkeit des Stoffs und dem ewigen Kreislauf des an Stoff gebundenen Lebens abzuleiten haben, daß es an Stoff nicht fehlen kann, um Pflanzen, Thiere, Menschen zu erhalten.

Die Erde ist überreich an den anorganischen Stoffen, die wir als die Werkzeuge der Organisirung der Materie nicht entbehren können. Die Menge der Knochenerde und des Knorpelsalzes, der Muskelsalze und des Haarmetalls, die Menge der Phosphorsäure in unserer Erdrinde ist so groß, daß gewiß noch mehr als doppelt soviel übrig bleiben würde, wenn aller Stickstoff, aller Kohlenstoff und Wasserstoff organische Mischung und dadurch organisirte Formen angenommen hätten. Weil aber jedes Thier eine Quelle von Pflanzennahrung ist und jede Pflanze die Blutbildner der Thiere enthält, so ist es klar, daß weder die Pflanzen die Thiere, noch diese jene verdrängen können.

Ist es nicht eine ganz nothwendige Folgerung, daß die Wissenschaft einmal dahin kommen muß, eine

Vertheilung des Stoffs zu lehren, bei welcher Armuth in dem Sinne eines unbefriedigten Bedürfnisses unmöglich wird? Die Salze sind in überreichlicher Menge gegeben. Wir brauchen sie nur aus dem Eingeweide der Erde hervorzuwühlen, das ganze Adern von Knochenstein enthält. Die organischen Verbindungen, Eiweiß, Fett und Zucker, sind ewig, weil sie die Pflanze aus einfachen Verbindungen bereitet, die selbst ewig sind, indem das Thier Eiweiß, Fett und Zucker nur verzehrt, um sie in der Gestalt von Ammoniak, von Kohlensäure und Wasser der Pflanzenwelt neu darzubieten.

Darum ist es auch der Forscher heiligste Pflicht, daß sie Aecker und Aecker, Blut und Blut, Steine, Pflanzen, Thiere zerlegen, um die Verhältnisse der Vertheilung immer richtiger würdigen zu lernen. Nichts darf uns entmuthigen, nichts kann uns entmuthigen auf der Bahn, die uns als Wegweiser und Meilenzeiger überall Belohnungen hinstellt, die uns nicht verdunkelt werden können, nicht durch den Zweifel der Unthätigen, nicht durch das Achselzucken der gläubigen Schwärmer, die sich einbilden, daß sie die Kraft vom Stoffe trennen können, nicht durch die Ungeduld der Goldmacher, die das Ziel vor dem Wege finden wollen. Richtige Vertheilung des Stoffs, die müsset Ihr lehren! So ruft mit Recht der Landwirth, so ruft der Arzt,

so ruft der Staatsmann, so ruft der Arme, wenn er Einsicht hat in die Ursachen seines Entbehrens, seiner Leiden. Die Naturforscher sind die thätigsten Bearbeiter der socialen Frage, die sich durch Waffen in der Hand wohl als Bedürfniß kundgeben, als offene Frage verrathen, aber nie und nimmermehr wird beantworten lassen. Ihre Lösung liegt in der Hand des Naturforschers, die von der Erfahrung der Sinne mit Sicherheit geleitet wird. Am Baum der Erkenntniß wächst das Bedürfniß, aber in dem Bedürfniß keimt die Macht, die es befriedigt. Das Wissen ist die unüberwindlichste Macht, es ist die Macht des Friedens. Erkenntniß ist nicht bloß der höchste Preis, sie ist auch die breiteste Grundlage eines menschenwürdigen Lebens.

XXII.

Rückblick und Ergebniß.

„Sie hören nicht die folgenden Gesänge,
Die Seelen, denen ich die ersten sang,
Zerstoben ist das freundliche Gedränge,
Verklungen, ach! der erste Wiederklang."
Goethe, Faust, Zueignung.

Als die erste Ausgabe dieses Buches erschienen war — im Jahre 1852 —, hat ein in unserem Sinne verewigter Freund, der als Forscher seines Gleichen hatte, als Charakter aber unerreichbar dastand, Emil Roßmäßler, mich wiederholt aufgefordert, ich möchte, einem größeren Leserkreise zu lieb, die Gedanken aus ihrer thatsächlichen Hülle lösen und in einer besonderen Schrift herausgeben. Ich habe mich nie dazu entschließen können, so hoch das Ansehen des Freundes auch für mich sein mochte, weil die Thatsachen nicht bloß das Kleid, sondern auch den Grund bildeten, auf welchem die Gedanken und Anschauungen sich wie Schlußfolgerungen entwickeln.

Wenn ich es heute wage, die Sätze zusammenzustellen, die mir jenem Kern zu entsprechen scheinen, den Roßmäßler im Sinne hatte, so geschieht es nicht in der Absicht, dem Leser, der mir bis ans Ende gefolgt ist, den Ueberblick zu erleichtern oder gar ihm die Grundgedanken wie ein System vor Augen zu führen, viel weniger noch um Anderen das Lesen des ganzen Buches zu ersparen. Es war mir vielmehr darum zu thun, im Zusammenhang mein Streben zu prüfen und die Tragweite meiner Ansichten zu vertreten, zugleich aber sie vor der Entstellung zu bewahren, die ihnen nicht erspart geblieben ist.

Ich will es versuchen, dieses Ziel zu erreichen, indem ich in losen Sätzen, so oft als möglich dem ursprünglichen Wortlaut getreu, meinen Gedankengang hier entwickle.

Forschung schließt Offenbarung aus.

Offenbarung und Erkenntniß verhalten sich wie Dichtung und Wahrheit; jene erräth wo diese ergründet.

Die Wahrheit aber kann nur der Natur und ihrem Walten abgelauscht werden.

Alle Erkenntniß stammt von den Sinnen. Es ist in unserem Verstande nichts, was nicht eingegangen wäre durch das Thor unserer Sinne.

Die Geschichte der menschlichen Bildung ist die Entwicklungsgeschichte der menschlichen Sinne.

Der Mensch ist das Maaß aller Dinge für den Menschen.

In der Natur, wie in der Welt des Sittlichen und des Schönen, die ihr Spiegel oder ihr Ausfluß sind, ist das Gesetz nur durch Erfahrung zu finden.

Wer das Gesetz erklärt, führt die Erzählung weiter zurück. Erklären heißt erzählen. Die Erklärung ist richtig, wenn die eine Erzählung zur andern stimmt.

Wenn alle Gesetze erzählt sind, ohne daß Ein Widerspruch zurückbleibt, dann ist die Welt dem Menschen erklärt.

Alles Sein ist ein Sein durch Eigenschaften. Aber es giebt keine Eigenschaft, die nicht bloß durch ein Verhältniß besteht.

Das Wesen der Dinge ist die Summe ihrer Eigenschaften, und das Wesen aller Eigenschaften ist die Kraft.

Die Kraft ist kein stoßender Gott, kein von der stofflichen Grundlage getrenntes Wesen der Dinge, sie ist des Stoffes unzertrennliche, ihm von Ewigkeit innewohnende Eigenschaft.

Mischung, Form und Kraft der Körper können sich nur gleichzeitig verändern.

Mischung, Form und Kraft sind unzertrennliche Merkmale des Stoffs, von denen jedes Glied die beiden anderen mit Nothwendigkeit bedingt.

„In einem Systeme, wo alles wechselseitig anzieht und angezogen wird, kann nichts verloren gehen; die Menge des vorhandenen Stoffs bleibt immer dieselbe.“ Georg Forster.

Wechsel von Stoff und Form in den einzelnen Theilen, während die Grundgestalt dieselbe bleibt, ist das Geheimniß des thierischen Lebens.

Ohne Stoffwechsel kein Leben.

Kohlensäure, Wasser und Sauerstoff sind die Mächte, die auch den festesten Felsen zerlegen und in den Fluß bringen, dessen Strömung das Leben erzeugt.

Die Pflanze bringt Luft und Erde in organische Formen.

Ohne die anorganischen Bestandtheile des Bodens ist die Bildung der organischen Grundlage von Blatt und Stengel eine Unmöglichkeit. Jene anorganischen Bestandtheile sind die Werkzeuge, welche die organischen Stoffe verbinden zu Pflanzen und Thieren, die den Erdball beleben.

Beim Thier und bei der Pflanze sind Art und Gattung, wie die Entwicklung der einzelnen Gewebe, an die Aufnahme ganz bestimmter Salze mit Nothwendigkeit gebunden.

In der harten Erdkruste sind die ersten Beding-

ungen gegeben für die Mannigfaltigkeit der Bewohner unseres Weltkörpers.

Der Boden ist der erste der großen irdischen Einflüsse, nach denen sich Pflanzen, Thiere, Menschen richten.

Verschiedene Pflanzenarten erfordern bestimmte Mineralbestandtheile im Acker, die, wenn sie fehlen, durch die Kunst ergänzt werden müssen.

Die Pflanzen können unter Umständen ausschließlich von anorganischen Stoffen leben.

Je mehr aber eine Pflanze Eiweiß erzeugt, desto nützlicher sind ihr die organischen Säuren der Dammerde, zumal wenn sie an Ammoniak gebunden sind.

„Die Pflanzenfresser genießen ähnliche Nahrung wie die Fleischfresser; sie genießen beide Eiweißstoff, jene von Pflanzen, diese von Thieren; der Eiweißstoff ist aber für beide gleich.“ G. J. Mulder 1838.

Durch die Fähigkeit der Pflanzen, aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, mit Hülfe einiger Salze, Eiweiß d. h. den Körper zu bereiten, der auf der höchsten

Stufe organischer Mischung steht, wird der Luftgürtel, der unsere Erde umgiebt, immer neu in den Kreis des irdischen Lebens gezogen.

Aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, nebst einem schwefelsauren Salze, bilden die Pflanzen Eiweiß, aus Kohlensäure und Wasser Zellstoff und Stärkemehl, aus Stärkemehl Fett.

Eiweiß, Zucker und Fett sind die wichtigsten organischen Nahrungsstoffe der Thiere. Thiere und Menschen können mittelst der Pflanzen aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser nebst einigen Salzen des Bodens hervorgehen.

Zu einem vollkommenen Nahrungsmittel gehören Eiweiß, Zucker, Fett, Salze und Wasser.

Die Nahrungsstoffe aufzulösen oder durch feine Zertheilung beweglich zu machen, und, wenn sie nicht mit den Stoffen des Bluts übereinstimmen, in Blutbestandtheile zu verwandeln, das ist der ganze Umfang der Verdauung.

Aus der Nahrung wird Blut, aus Blut werden

Gewebe: Muskeln, Knochen, Knorpel, Hirn und Nerven, kurz alle festen Theile des Körpers.

Die Entwicklung der Stoffe, die für die Gewebebildung am wichtigsten sind, ist durch eine langsame Verbrennung bedingt.

Das Blut läßt sich für die Gewebe mit den in der Ackererde gelösten Stoffen für die Pflanzenwurzel vergleichen.

Durch die Eigenthümlichkeit der stofflichen Mischung sind die Formen der Gewebe bedingt. Der Form und Mischung entsprechen alle anderen Eigenschaften.

Nirgends besteht ein eigentlicher Gegensatz zwischen Werden und Vergehen, es ist vielmehr immer das eine durch das andere bedingt, der Uebergang des einen in das andere ein so allmäliger, daß auch die feinste Berechnung der kleinsten Umwandlungen dem Flusse der Erscheinungen keine Unterbrechung abgewinnen kann.

Auf ähnlichen Wegen, wie sie in der Werkstatt des Scheidekünstlers und bei der Verwesung und Fäulniß die organischen Stoffe zum Zerfallen führen, werden ähnliche Endstufen im lebenden Körper erreicht. Was aber auf diesen Endstufen geworden ist, das wird als Schlacke aus dem Körper ausgeworfen.

Nicht nur die letzten Erzeugnisse des Zerfalls, auch die unentbehrlichsten Bestandtheile unserer Gewebe sind ein mittelbares oder unmittelbares Ergebniß der Aufnahme von Sauerstoff ins Blut, welche das Wesen des Athmens bezeichnet.

Das Athmen erfolgt in den Geweben; die Lungen sind nur die Wechselbank.

Die Aufnahme des Sauerstoffs ist eine Macht der Entwicklung und erst nachher in immer fortschreitender Einwirkung ein Hebel des Zerfallens. Der Sauerstoff spielt erst die Rolle eines Baumeisters, welcher die formlosen Baumittel, die das Blutwasser enthält, in bestimmte Gestalten, in Formbestandtheile, also das Blut in Gewebe und Werkzeuge umwandelt. Aber derselbe Sauerstoff bricht immer wieder ab, was er gebaut hat. Rückbildung und Anbildung reichen

sich fortwährend die Hand. Denn alle Entwicklung endigt mit der Auflösung, die selbst wieder zu neuer Entwicklung drängt. Das ist der Kreislauf des Stoffs, den der Tod in den Dienst des Lebens genommen.

Faßt man die ganze organische Natur, die Welt der Pflanzen und Thiere gleichmäßig ins Auge, dann ist die Entwicklung des Stoffs von den äußersten Grenzen der einfachsten Verbindungen bis hinauf zu den Blutbestandtheilen der Thiere auf eine Verarmung an Sauerstoff gegründet. Indem die Pflanze Kohlensäure und Wasser in Zellstoff, Gummi, Stärkemehl verwandelt, scheidet sie Sauerstoff aus. Aus Zellstoff können die Holzstoffe nicht hervorgehen, ohne daß von Neuem Sauerstoff frei wird. Bildung von Fett und Wachs ist nicht möglich ohne Ausscheidung von Sauerstoff, und der Kork kann hinwiederum aus Zellstoff nur durch eine Entbindung von Sauerstoff entstehen.

Wenn die Wiese grünt, die Palme ihre breite Blätterkrone entfaltet, das Holz der Eichen sich härtet, wenn die Kartoffel ihre Schale bildet, in der Entstehung des Pfirsichkerns wie beim Altern des Waldes, immer wird der Stoff an Sauerstoff verarmt, der die Oberfläche der Pflanze erreicht, um im Lichte

ausgehaucht zu werden. Es ist die stoffliche Gewalt des Lichts, welche unsere glänzendsten Früchte an ihrer äußersten Oberfläche mit Wachs bekleidet und Pflaumen und Pfirsiche mit ihrem duftigen Reif überzieht.

Insofern die Pflanze anorganische Bestandtheile des Luftgürtels organisirt und im Lichte Sauerstoff ausscheidet, liefert sie den Thieren nicht bloß einen unerschöpflichen Vorrath an Spannkraft, sondern auch das Mittel die Spannkraftträger in lebendige Kraft zu verwandeln.

Schnelligkeit des Stoffwechsels ist ein Maaß des Lebens.

Alle organischen Stoffe, die dem Thierkörper einverleibt werden, fallen in diesem einer langsamen Verbrennung anheim, als deren Haupterzeugnisse Wasser, Kohlensäure und Harnstoff aus dem Körper ausgeschieden werden. Diese Verbrennung geht, wie überall, mit Wärmebildung einher, und die gebildete Wärme ist die einzige Kraft, die im Körper entwickelt wird. Einen ansehnlichen Bruchtheil dieser Kraft, ein Viertel etwa, setzen wir in Arbeit unserer Hände oder unseres Hirns um. Was übrig bleibt, verwenden

wir, um den Wärmegrad unseres Körpers nahezu beständig zu erhalten. Denn wir erwärmen die Luft, die wir einathmen, die Speisen und Getränke, die wir dem Magen zuführen, und wir verlieren bedeutende Wärmemengen durch Leitung und Strahlung, sowie durch Verdunstung von Wasser in den Lungen und an der Oberfläche der Haut. Die Wärme, die wir erzeugen, deckt diese Verluste und ist das Maaß für die Kraft, die wir entwickeln.

Da nun die Wärme stofflichen Ursprungs ist, so entspringen alle unsere Kräfte stofflicher Bewegung, und der Stoff regiert den Menschen.

In dem stofflichen Ursprung unserer Kräfte gipfelt die Naturnothwendigkeit unseres Daseins.

Unsere Bildung entquillt ruhig und sicher unserer Naturbedingtheit.

Wir sind langsam geworden, wie alles geworden ist. Denn es ist nichts erschaffen, und selbst das

Wort „natürliche Schöpfungsgeschichte“ ist nur einer vorläufigen Rücksicht auf mosaische und andere Sagen entsprungen. Der Ausdruck „Schöpfungsgeschichte“ wird aus der Naturwissenschaft verschwinden, denn er ist gegen die Natur.

Der erste Organismus ist durch Urzeugung gebildet worden.

Sowohl das omne vivum ex ovo, wie sein Nachklang omnis cellula e cellula sind Irrlehren.

Es wäre denkbar, daß es nie gelänge, den Vorgang der Urzeugung auf dem Versuchswege darzuthun, ja es wäre möglich, daß die Spanne eines Menschenlebens zu kurz dauerte, um sie auf dem Beobachtungsweg zu erleben, ohne daß dies der obersten Folgerung aller Erd- und Stammesgeschichte Abbruch thäte, daß das Leben auf Erden einen Anfang gehabt, daß dieser Anfang ein Entwicklungsproceß gewesen, daß der erste, einfachste Organismus durch Urzeugung entstanden ist.

Der Mensch war in der Stammesgeschichte erst Urzelle, dann Vollzelle, und nach und nach eine kleine einfache Zellengemeinde, Flimmerlarve, Urdarmthier,

Wurm, Rückenstabsthier und darauf ein Verwandter des Lanzettthierchens, um in dieser Gestalt sich zur Reihe der Wirbelthiere zu erheben.

Innerhalb der Wirbelthierreihe führt das Lanzettthierchen aufsteigend zu den Schleimfischen, Knorpelfischen, Fischlurchen, sodann zu den wahren Lurchen, und diese vermitteln den Fortschritt zum Uramnionthier.

Aus dem Uramnionthier ward ein Gabler, eine Beutelratte, ein Aderkuchenthier, um innerhalb der Gruppe der mit letzterem Namen belegten höchsten Säugethiere nach und nach zu den Halbaffen, Affen, Menschenaffen eine fortschreitende Entwicklung zu erleben, und endlich Mensch geworden, innerhalb des Menschenthums sich weiter bildend, hat der Mensch eine Stammesgeschichte durchlebt, die dem ruhigen Betrachter eben so viel Geduld und Bescheidenheit eingeben, als Befriedigung gewähren kann.

Wie langsam diese Menschwerdung vor sich gegangen ist, kann daraus am besten bemessen werden, daß die Zeit, die verflossen ist, seitdem der Mensch zum ersten Male auf der Erde erschien, kaum den zweihundertsten Theil der ganzen Geschichte unserer Erdrinde ausmachen soll.

Unser Anfang war niedrig, und doch kaum niedriger als der Erdenkloß der mosaischen Sage; die

Züge der einzelnen Geschlechter verlieren sich in die Dämmerung einer unbestimmten Vorzeit; die Verwandtschaft muß oft der selbstgefälligen Spiegelung in Aehnlichkeiten entsagen; der Nachkömmling den Urvater erkennen, obgleich die Mittelformen unbekannt sind; die „Krone der Schöpfung“ muß sich bescheiden, eine Knospe am Stamm der Thierheit zu sein, das Thier im Menschen ehren, den Menschenkeim im Thier bemitleiden; der Weiseste muß fühlen, daß nicht er die Welt zu lenken berufen ist, sondern daß in ihm die Weltseele denkt und schafft. Und dennoch darf er sich freuen, daß aus so bescheidenem Ursprung, nach festen ehernen Gesetzen, eine Bewußtseinsstufe erstiegen wurde, die nicht weniger hoch ist, weil sie Vorstufen hat, noch weniger fest, weil sie nach allen Seiten naturbedingt, naturverwandt, naturnothwendig ist, nicht weniger leuchtend als eine Welle, die die Sonne bescheint, nicht weniger vergänglich, aber eben so sicher wiederkehrend, bis eben die Sonne die Erde bescheinen wird.

Das Einzelwesen durchläuft in ungeduldiger Hast seine Keimesgeschichte, und zwar nicht ohne Sprünge. Trotzdem fängt es mit einem kleinen Umweg an, indem die Vollzelle des Eies für kurze Zeit auf die Stufe einer kernlosen Urzelle zurücksinkt. Von dieser geht es zu einer im höheren Grade lebensschwangeren

Vollzelle, deren Inhalt durch seine Furchung sofort auf eine Sonderung der Arbeit hinweist. Die Zellentheilung führt zu einer Zellengemeinde, deren Bürger allsogleich in zwei Klassen geschieden sind.

Aus der Zellgemeinde entwickelt sich die Darmlarve. Aber eine Stufe, die sich in ungezwungener Weise mit einem Wurm vergleichen ließe, wird in der Keimesgeschichte nicht durchlaufen. Die Darmlarve wird Rückenstabsthier, das in seinen verschiedenen Entwicklungsformen nach einander an das Lanzettthierchen, an einen Rundmäuler, einen Fisch, ein Uramnionthier, einen Gabler erinnert, um schließlich zum Aderkuchenthier zu werden.

So viele Aehnlichkeiten der Keimesgeschichte mit der Stammesgeschichte kann man zugeben, ohne dem Vergleich zu Liebe der Natur der Dinge Gewalt anzuthun. Aber die Sprünge sind unverkennbar. Nicht bloß der Wurmzustand fehlt der Keimgeschichte des Menschen, sondern es ist darin auch keine Entwicklungsform vorhanden, die mit den Doppelathmern oder Fischlurchen, noch mit den Froschlurchen verglichen werden könnte. Ebenso fehlt gänzlich die Zwischenform der Beutelthiere. Es war also ein glücklicher Gedanke, als Häckel die Keimesgeschichte, dem Inhalt wie der Zeit nach, eine verkürzte Stammesgeschichte nannte.

Glücklicher als mit den Versuchen die Urzeugung zu verwirklichen, war die Wissenschaft in ihren Bemühungen, die ursprünglichen Bausteine organischer Stoffe aus den Elementen künstlich darzustellen.

Ammoniak, Cyan, Kohlensäure, ölbildendes Gas und Wasser sind einfache Verbindungen von Wasserstoff und Stickstoff, von Stickstoff und Kohlenstoff, von Kohlenstoff mit Sauerstoff, von Wasserstoff und Kohlenstoff, von Wasserstoff und Sauerstoff, die aus den Grundstoffen hergeleitet wurden und aus denen eine Unzahl zusammengesetzter organischer Verbindungen sich hat entwickeln lassen, die zu einer unübersehbaren Reihe noch verwickelter gebauter organischer Körper führen wird, ohne daß es zu ihrem Aufbau der Dazwischenkunft eines Lebewesens bedarf. Berthelot hat ölbildendes Gas mit Wasser zu Alkohol verbunden, und nun haben wir Weingeist ohne Trauben, ohne Zucker und ohne Stärkemehl, Weingeist aus Steinkohlen.

Wenn aber die Pflanze leben kann von Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salzen, wenn wir organische Stoffe, stickstoffhaltige und stickstofffreie, Leimzucker und Butterfett, den geschwefelten Gallenpaarling und Oelsüß, Fleischstoff und Neurin, Pferdeharnsäure und Harnstoff so gut wie Phosphorglycerinsäure, Weinsäure, Bernsteinsäure oder Kleesäure, auf künstlichem Wege aus den Grundstoffen darstellen können,

dann ist es grundsätzlich festgestellt, daß organische und organisirte Stoffe aus anorganischen Grundstoffen und anorganischen Verbindungen hervorgehen.

Nun aber ist die Kraft eine Eigenschaft des Stoffs. Eine Kraft, die nicht an den Stoff gebunden wäre, die frei über dem Stoff schwebend sich beliebig mit ihm verbinden könnte, ist eine ganz leere Vorstellung. Dem Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, dem Schwefel und Phosphor wohnen ihre Eigenschaften von Ewigkeit ein.

Also können sich die Eigenschaften des Stoffs, wenn er in die Zusammensetzung von Pflanzen und Thieren eingeht, nicht verändern. Die Annahme einer besonderen Lebenskraft erweist sich dadurch als völlig nichtig.

Die Lebenskraft, wie das Leben, ist nichts Anderes als das Ergebniß der verwickelt zusammenwirkenden und ineinandergreifenden physischen und chemischen Kräfte. Die früheren Vorstellungen von der Lebenskraft lassen sich auf die tief wurzelnde Neigung des Menschen zurückführen, sich die Ursache einer Reihe von Erscheinungen, deren Zusammenhang ihm räthselhaft blieb, in der Gestalt einer Persönlichkeit vorzustellen. Merkwürdig genug entspringt die wesenloseste Trennung von Kraft und Stoff gerade dem Bedürfniß, sich in den Wogen schwankender Erscheinungen an dem

zum Steuermann verkörperten Bilde eines gemeinsamen Grundes festzuhalten. Die leibhaftigste Wirklichkeit und die wesenloseste Verflüchtigung entwachsen Einem Stamme.

An keinem Theile des Körpers hat sich die Entwicklung des Menschen, baulich und stofflich, im Vergleich zu den Thieren höher und reicher entfaltet als am Gehirn, dem Gedankenwerkzeug. Und der Ausbau wird dadurch deutlich als höhere Entfaltung bezeichnet, daß die Entwicklung in der Keimgeschichte derjenigen der Stammesgeschichte leuchtend entspricht.

Kein Organ hat einen entschiedeneren Sauerstoffbedarf als das Hirn, und seine Zellen werden vorzugsweise reichlich mit Blut gespeist. Kein anderes Hirn ist so reich an Nervenzellen wie das Menschenhirn.

Es steht dem Hirn sein Adel an die Stirn geschrieben.

Des Menschen Gehirn übertrifft dasjenige der Thiere im Reichthum an phosphorhaltigen Dotterfetten.

Ohne Phosphor, ohne Fett, ohne Wasser kein Gedanke.

Die Hirnzellen sind Billionen kleinster Werkstätten zu vergleichen; sie werden beständig vom Blut genährt und erfrischt, von klopfenden Blutgefäßchen erschüttert, von einander in unabsehbarem Wechsel beeinflußt, angeregt von allen Eindrücken, mit denen die Außenwelt auf unsere Sinne, auf unseren Magen, unsere Lungen, unser Blut einwirkt, gleichsam entladen, wenn sie den Erfolg dieser Eindrücke durch tausendfache Bewegungen in die Außenwelt zurücksenden, empfangend und leidend, wirkend und gegenwirkend, rastlos auch im Traume, stets erneut, und doch immer dieselben, indem sie eine Spur von den Einwirkungen der Außenwelt, von ihrem eigenen Wechselweben, bis an des Lebens Ende erhalten.

Wer den Riß zwischen Natur und Geist damit beglaubigen will, daß es nicht möglich sei, die Erzeugung eines Gedankens durch eine bestimmte Bewegung der Massentheilchen unseres Hirns zu erklären, der vergißt, daß er seinen Nothschrei dem innersten Herzen der Naturerscheinungen entlockt hat.

Von der Lagerung der Massentheilchen in dem Eisenstab, den ein elektrischer Strom magnetisch macht, in dem Kupferdraht, den ein Magnet oder ein vorbeifließender elektrischer Strom elektrisch macht, von der

Molecularbewegung, die sich zur Ablenkung der Magnetnadel steigert, wissen wir vor der Hand nicht mehr, als wir von der jeweiligen Zustandsänderung eines Hirnes wissen, das sinnt und denkt.

Wir beschreiben die vielfältigen und mächtigen Wirkungen der elektrisch und magnetisch machenden stofflichen Einflüsse; wir hoffen den inneren Vorgang, die Umlagerung der kleinsten Massentheilchen dereinst zu entdecken, aber für jetzt beschreiben wir den Erfolg, ohne zu bezweifeln, daß die wirkenden Ursachen an Metalle und Flüssigkeiten, an den Erdball und seine stofflichen Erzeugnisse gebunden sind, ohne magnetische oder elektrische Geister zur Erklärung anzurufen.

Im Grunde genommen sind wir für das Gehirn noch besser daran, als für das magnetische Hufeisen, das seinen Anker anzieht. Denn während das Eisen, das magnetisch wurde, außer seiner Anziehung für Eisen keine Erscheinung wahrnehmen läßt, die eine Umlagerung seiner Massentheilchen verriethe, wissen wir mit Bestimmtheit Veränderungen anzugeben, die das Hirn, wenn es denkt, in sich selber erleidet und sonst im Körper hervorruft.

Zunächst erfährt im Gehirn, sowie es in Thätigkeit tritt, die Blutmenge eine Zunahme.

Sodann wird das Hirn stärker sauer, in seinem Mark wie in seiner Rinde.

Es wird in Folge geistiger Arbeit mehr Harnstoff und mit dem Harn mehr Phosphorsäure und Schwefelsäure entleert. Die Wärme des Körpers wird gesteigert. Hunger erwacht.

Wird ein Nerv gereizt, so wird er stofflich verändert. Die Nerven pflanzen stoffliche Veränderungen zum Gehirne fort, und diese stofflichen Veränderungen werden im Hirn zu Empfindungen.

Verschiedene Formen der Hirnthätigkeit ertheilen den verschiedenen stofflichen Bewegungsvorgängen des Körpers ihr Gepräge.

Enthirnte Säugethiere sehen, aber sie schauen nicht, sie hören ohne zu horchen, sie fühlen ohne zu tasten und schmecken ohne zu kosten.

Aus der Verbindung der sinnlichen Wahrnehmungen, aus der gegenseitigen Ergänzung der Sinne, aus Beobachtungen, die unter verschiedenen Verhältnissen, mit mannigfaltigen Hülfsmitteln angestellt werden, und vor Allem aus der Uebung der Sinne geht das richtige Urtheil hervor. Eine vollkommene sinnliche Wahrnehmung ist ein Erfassen der Summe aller Eigenschaften mit vollkommen geübten, entwickelten Sinnen. Die Summe aller Eigenschaften ist das Wesen des Dings.

Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken ebenso unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine ebenso nothwendige, ebenso unzertrennliche Eigenschaft des Hirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem andern Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre.

Aber das Hirn bedarf der Reize, und in Folge dieser Reize wird das Hirn des Säuglings allmälig beseelt. Denn das Kind, das eben dem Mutterschooße entschlüpft ist, fühlt ohne zu tasten, schmeckt ohne zu kosten, es sieht ohne zu schauen, hört ohne zu horchen, riecht ohne zu spüren.

Alle Vorgänge im Nervensystem, die Reizung, die Fortpflanzung ihrer Wirkung, die Auffassung, das Urtheil, die Willensregung haben eine endliche Ge-

schwindigkeit, die um so kleiner wird, je verwickelter der Vorgang ist, um den es sich handelt.

Das Denken ist ein ausgedehnter Vorgang, und zwar um so ausgedehnter, je zusammengesetzter es ist.

Was aber bei seiner Verrichtung Zeit braucht, an die Zeit gebunden ist, das kann nur durch Ortsveränderung, und wenn es nur die seiner kleinsten Theilchen wäre, bestehen. In der Zeit bewegen sich seine kleinsten Theilchen, folglich bethätigt sich seine Verrichtung durch Bewegung. Es kann nicht aus der umgebenden Stoffmasse herausgehoben werden, ohne dieser Bewegung und der Zeitgrenze verlustig zu werden, ohne aufzuhören zu bestehen. Es ist also selbst stofflich, aber in so eigenthümlicher Weise bewegt, daß an ihm jene Erscheinungen erfolgen, die man geistige zu nennen pflegt, und die nicht minder leuchten, weil sie ohne Stoff nicht entstehen, ohne Stoff sich nicht geben, ohne Stoff nicht empfangen lassen.

Alles, was wir zu beobachten und zu unterscheiden vermögen, sind immer nur Verhältnisse.

Zählend gehen wir durch die Welt. Wir zählen nicht bloß unsere Lieben und unsere Habe, wir zählen auch die Luftschwingungen in der Zeiteinheit, indem wir Töne, die Lichtschwingungen, indem wir Farben unterscheiden.

Immer findet man den Gedanken in den Banden der Natur, an Zahl und Maaß gebunden, aus Verhältnissen Gesetze schöpfend, zeitmäßig, zeitfühlend, bedingt und getragen, urwüchsig aber nicht ursprünglich, kühn aber botmäßig, leuchtend wie ein Sonnenstrahl, jedoch wie ein Sonnenstrahl unvermögend die natürlichen Schranken zu überspringen.

Denn das Denken erfordert Blut, so gut wie jede andere Thätigkeit im Körper; das Denken ermüdet so gut wie Muskelanstrengung, es setzt sinnliche Erregung voraus und kostet Zeit, es ist anders im Liegen als im Stehen, anders nach einem Glase Wein als in der Nüchternheit, anders wenn wir müde und trübselig sind als in heiterer Stimmung, immer aber an jene endlich ausgedehnte Hirnthätigkeit gebunden, die den Kopf zum Menschen macht.

Das Bewußtsein hat seinen Sitz nur im Gehirn, weil nur im Gehirn die Empfindung zur Wahrnehmung kommt. Das Bewußtsein fehlt, wenn das Gehirn kein Blut mehr erhält, oder wenn eine Ueberfüllung mit schwarzem aderlichen Blut seiner regelmäßigen Thätigkeit eine Grenze setzt. Geköpfte Thiere und Enthauptete haben keine Empfindung und kein Bewußtsein, trotz der eigenthümlich zusammenwirkenden

Bewegungen, welche Thiere, namentlich wechselwarme, nach der Köpfung vollführen können.

Wir sind in einem Meere kreisender Stoffe vom Augenblick der Zeugung an. Und schon das neugeborene Kind ist ein Ergebniß zahlreicher Ursachen und nimmer ruhender Schwankungen des Stoffs, das nicht etwa angeborene Anschauungen, aber fertige Anlagen mit auf die Welt bringt, an welchen viele Geschlechter gearbeitet haben.

Aus der Thatsache, daß in dem Strom der Einflüsse, die unser Leben gestalten, keine Welle verloren geht, daß jeder Eindruck eine Spur hinterläßt, die sich nimmer völlig verwischt, daß alle Reize, die wir erleiden, alle Empfindungen, Furcht und Hoffnung, Schmerz und Freude, Gedanken und Wünsche so zu sagen mit einander verschmelzen und in einander fortleben, aus dieser Thatsache geht die Persönlichkeit des Menschen hervor, sie ist es, die seine Eigenart bedingt, sie giebt dem Menschen den Charakter und den Styl.

Rede und Styl, Versuche und Schlußfolgerungen, Wohlthaten und Verbrechen, Muth und Halbheit und Verrath, sie alle sind Naturerscheinungen, sie alle stehen als nothwendige Folgen in geradem Verhältniß

zu unerläßlichen Ursachen, so gut wie das Kreisen des Erdballs.

Man spricht von geschichtlicher Wahrheit, von dichterischer Lebenstreue, und verwirft einen Roman, ein Gedicht, das den Charakter seines Helden von unrichtigen Voraussetzungen ableitet oder aus richtigen falsch entwickelt. Solche Schöpfungen fehlen gegen die Entwicklungsgesetze der Menschheit. Sie leisten den Folgerungen der höchsten Wahrheit, der anerkannten Folgerichtigkeit von Ursache und Wirkung kein Genüge. Es wäre thöricht von dichterischer Wahrheit zu reden, wenn das Wollen des Menschen losgebunden wäre von den Schranken ursächlicher Bedingtheit.

Der Mensch ist die Summe von Eltern und Amme, von Ort und Zeit, von Luft und Wetter, von Schall und Licht, von Kost und Kleidung. Sein Wille ist die nothwendige Folge aller jener Ursachen, gebunden an ein Naturgesetz, das wir aus seiner Erscheinung kennen, wie der Planet an seine Bahn, wie die Pflanze an den Boden. Wir sind ein Spiel von jedem Druck der Luft.

Aber die Stimmung des Augenblicks trägt sich jeweilig einer vorhergehenden auf. Sie schwimmt gleichsam auf allen den vorangegangenen und wird selbst, in ihrer Bedingtheit, zur Mitbedingung, zum Fahrwasser alles Folgenden.

Der Mensch ist ein stets im Werden begriffenes Naturerzeugniß; wer sein Wesen erkennen will, muß seiner Natur- und seiner Cultur-Bedingtheit im Einzelnen nachspüren.

In diesem Lichte ist es nicht wahr, daß es nichts Neues unter der Sonne gebe. Es findet vielmehr jedes neue Ereigniß, jeder neue Einfluß, jede neue Zumuthung gleichsam einen neuen Menschen. Und daher kann es kommen, daß, wenn Jemand zweimal denselben Einfluß erleidet, dieser Einfluß nicht dieselbe Wirkung hervorbringt. Wenn die Juristen mit Recht sagen: si duo faciunt idem, non est idem, wir Naturforscher haben das Recht zu behaupten: si quis idem bis patitur, non est idem effectus.

Ein freier Wille, eine Willensthat, die unabhängig wäre von der Summe der Einflüsse, die in jedem einzelnen Augenblick den Menschen bestimmen und auch dem Mächtigsten seine Schranken setzen, besteht nicht.

Der Schlußsatz, in dem unsere heutige, von Julius Robert Mayer begründete Naturanschauung gipfelt, ist, daß es nur Eine Kraft giebt, die unzerstörlich, an Menge immer gleich, in verschiedenen Formen auftritt. Wird eine Form, z. B. mechanische

Arbeit, ganz und gar in eine andere, z. B. Wärme verwandelt, so muß die eine Form der anderen gleichwerthig sein, und diese wieder in jene zurückverwandelt werden können. Bei diesen Umwandlungen geht aber nichts von der Kraft verloren. Im Weltall ist der Vorrath der Kraft immer derselbe. Die Kraft ist so unzerstörbar wie der Stoff. Auf einem großartigen Wege ist man von einer anderen Seite zur Anerkennung der Thatsache gekommen, die in unserem Satze, daß die Kraft eine Eigenschaft des Stoffes ist, verschlossen liegt. Wir sagen nun ebenso gern, der Stoff ist so unsterblich wie die Kraft.

Nur ist zu bedenken, daß die Kraft nicht immer als wirkende, sondern zu jeder Zeit in erheblichem Verhältniß als wirkungsfähige auftritt. Nennt man die Kraft in letzterer Form Spannkraft, in ersterer lebendige Kraft, dann sagt das Princip der Erhaltung der Kraft aus, daß die Summe der Spannkraft und der lebendigen Kraft im Weltall immer dieselbe bleibt. Alle Vorgänge in der Natur laufen also darauf hinaus, daß Spannkraft in lebendige Kraft oder diese in jene verwandelt wird, oder aber daß die eine Form lebendiger Kraft in eine andere übergeht. Die chemische Verwandtschaft als Spannkraft oder wirkungsfähige Kraft erzeugt chemische Verbindung als lebendige Kraft, d. h. Wärme oder Elektricität, und einer jeden

derselben, die selbst in einander übergehen können, entspricht eine Maaßeinheit in mechanischer Arbeit.

Alles fließt, alles rollt, aber alles wird gemessen.

Und wer alles fließen macht, ist niemand anders als die Sonne.

Die Sonne ist es, deren Licht in den Pflanzen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt, aus Kohlensäure und Wasser Sauerstoff entwickelt, und in dem Pflanzenleib Zellstoff, Stärkemehl, Zucker, Fett und Eiweiß aufspeichert. Sie macht aus jenen Verbindungen ein Magazin von Spannkraft. Die Kohle, in der wir abgestorbene Pflanzenleiber verdichtet und angehäuft erkennen müssen, ist als ein Schrein von Sonnenlicht und Sonnenwärme zu betrachten.

Wenn wir die Kohle auf dem Herd verbrennen, schließen wir das Magazin von Spannkraft auf, um lebendige Kraft daraus hervorzuholen.

Aber die Thiere schöpfen aus der lebenden Pflanzenwelt, die ihnen zugleich die organischen Nahrungsstoffe und in der Luft den Sauerstoff liefert, der diese wieder zu Kohlensäure, Wasser und Harnstoff verbrennt und damit Spannkraft in lebendige Kraft verwandelt.

Den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren können wir nicht allgemeiner bezeichnen, als indem wir jene als Sammler von Spannkraft und diese als

Erzeuger lebendiger Kraft betrachten, die sich gegenseitig bedingen und ergänzen.

Die Menge lebendiger Kraft, die der Mensch erzeugen kann, berechnet sich aus der Verbrennungswärme seiner Nahrungsstoffe.

Beinahe drei Viertel davon verbraucht er, um die Wärmeverluste seines Körpers zu decken, ein Viertel setzt er in mechanische Arbeit, in Empfindung, in Gedankenarbeit um. Es giebt ein Werthverhältniß zwischen Gedankenthätigkeit, mechanischer Arbeit und Wärme, so gut wie zwischen Wärme, Elektricität und Magnetismus. Je größer die mechanische Arbeit ist, die ein Mensch verrichtet, desto weniger kann er denken. Dasselbe Blut kann nicht zugleich zwei Herren, etwa dem Hirn und den Muskeln dienen.

Nur hüte man sich davor, den Werth der Gedanken mit dem Werth der Gedankenarbeit zu verwechseln. Die mechanische Arbeit wird nicht größer, wenn sie ein Kilogramm Gold als wenn sie ein Kilo Eisen um einen Meter hebt, und Pythagoras hat sich nicht mehr abgemüht, um seinen Lehrsatz zu beweisen, als der Schulknabe, der sich dazu vergebens anstrengt.

Darum ist richtige Vertheilung von Kraft und Stoff das Ziel, welches die Menschheit von jeher mehr

oder minder dunkel verfolgt, eben die Vertheilung des Stoffs, welche Allen die Arbeit und durch die Arbeit ein menschenwürdiges Dasein möglich macht.

Das Leben fordert Arbeit, die Arbeit fordert Stoff. Und es ist gewiß die allerbeste Bereicherung, die das Leben der Wissenschaft verdankt, daß wir es täglich besser einsehen lernen, welcher Stoff zu jeder Arbeit gehört. Soll der Stoff in Gräbern und Särgen liegen, Niemandem zum Vortheil und häufig der nächsten Umgebung zur Last?

Es war ein kostbarer Staub, den die Alten in Aschenkrügen in ihren Gräbern beisetzten. Den organischen Stoff des Leibes hatten sie dem Luftgürtel heimgegeben, und die Asche enthielt den Stoff, mit dessen Hülfe die Pflanzen aus Bestandtheilen der Luft Thiere und Menschen zu erschaffen vermögen.

Aus Luft und Asche ist der Mensch gezeugt. Die Thätigkeit der Pflanzen rief ihn in's Leben. In Luft und Asche muß der Leichnam zerfallen, um durch die Pflanzenwelt in neuen Formen neue Kräfte zu entfalten.

Das ist der Kreislauf des Lebens.

Weil wir immer im Werden begriffen sind, können wir immer nach Besserung streben.

In der That sind die sittliche und geistige Thätigkeit des Menschengeschlechts in stetem Wachsen begriffen.

Darwin und Genossen sind nicht die Ersten gewesen, die uns über den Tand und Wahn von Naturspielen, über die Furcht vor ernst gemeintem Aufruhr in der Natur hinweghoben. Aber indem sie auf ihrem weiten Gebiet, das die ganze Entstehungsgeschichte der Organismen umfaßt, die Entwicklung anstatt der Verwirklichung, das Werden anstatt der Schöpfung setzten, haben sie, wollend oder nicht, der freien Forschung eine der mächtigsten Waffen verliehen gegen alles, was blinder Glaube heißt, gegen Alle, die sich im Flügelkleide der Dichtung oder in der Kutte der Heuchelei am Fortschritt versündigen. Sie haben gelehrt, wie in der Welt der Organismen der Charakter siegt, die Halbheit unterliegt. Ihnen gehört die Zukunft.

Wer umgekehrt in allen Bewegungen der Naturkörper nur Mittel sieht, um gewisse Zwecke zu erreichen, der kommt ganz folgerecht zu dem Begriff einer Persönlichkeit, welche zu diesem Ziele dem Stoff seine Eigenschaften verleiht. Diese Persönlichkeit wird auch das Ziel bestimmen. Und mit der Zweckbestimmung, die von einer Persönlichkeit ausgeht, welche die Mittel wählt, ist das Gesetz der Nothwendigkeit aus

der Natur verschwunden. Die einzelne Erscheinung ist aus den Angeln gehoben, sie fällt dem Spiele des Zufalls und regelloser Willkür anheim. Hier hört die Forschung auf. Der Glaube beginnt.

Für den Materialisten, den Zweieinigkeitslehrer oder Monisten ist jedes Ergebniß die Wirkung von Ursachen, die in verschiedener Weise sich paaren oder kreuzen.

Dem Spiritualisten, dem Zwiespaltslehrer oder Dualisten gilt das Leben als ein Ausfluß einer ganz besonderen Berechnung, mit deren Hülfe er allein für möglich hält, den Grad von Zweckmäßigkeit zu erklären, der nach seiner Meinung die Natur zusammenhält.

Wenn aber alles wird, wie es nothwendig werden muß, muß alles, wenn es geworden ist, zusammenpassen. Ist alles geworden, wie es werden mußte, dann löst sich der Kampf um's Dasein auf in dem Rollen der Elemente, das nach der Reihe allen Wesen Befriedigung gönnt.

Die schaffende Allmacht ist die Verwandtschaft des Stoffs. Der Begriff eines persönlichen Gottes verflüchtigt sich um so mehr, je reiner und folgerichtiger man ihn entwickelt.

Nemo contra deum nisi deus ipse.

Namen-Verzeichniss.

Verzeichniss der Gegenstände.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei in Darmstadt.

Moleschott, Jacob,

Der Kreislauf des Lebens von Jac. Moleschott

Bd.: 2

Gießen 1887